



Mestrado em Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre
Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Caracterização de posturas associadas à movimentação manual de cargas - Estudo biomecânico, ergonómico e fisiológico

Joana dos Santos Ferreira

Presidente do Júri: Professor Doutor José Manuel Soutelo Soeiro de Carvalho (Professor Associado) – FEUP

Arguente: Professora Doutora Joana Carvalho dos Santos (Professor Adjunto Convidado) – ESS.IPP

Coorientador: Professor Doutor João Manuel Abreu dos Santos Baptista (Professor Associado) – FEUP

Orientador: Professora Doutora Joana Cristina Cardoso Guedes (Professor Auxiliar Convidado) – FEUP

2016



Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Rua Dr. Roberto Frias, s/n 4200-465 Porto PORTUGAL

AGRADECIMENTOS

À Professora Joana Guedes, o meu grande reconhecimento pela sua orientação distinta pois todo o apoio e incentivo foram essenciais para a conclusão deste projeto.

Ao meu coorientador, Professor João Baptista, agradeço toda a ajuda e espírito crítico demonstrado ao longo do estudo.

O meu especial e sincero obrigada, a todas as participantes nos ensaios laboratoriais, que por razões óbvias não divulgo os nomes, pois foram fundamentais na elaboração deste trabalho.

Por último, e não menos importante, aos meus familiares e amigos que de forma simbólica contribuíram na concretização do meu mestrado.

RESUMO

As lesões músculo-esqueléticas são uma problemática no que diz respeito à saúde dos trabalhadores, e por isso, tem havido um aumento de metodologias que avaliam o risco de ocorrência. Como em qualquer processo, esses métodos levantam muitas questões que condicionam a viabilidade na aplicação dos mesmos.

Por isso, o objetivo deste estudo passa por analisar tarefas de movimentação manual de cargas, associando às metodologias ergonômicas já criadas, novas ferramentas que complementam essa avaliação de risco aproximando-a da realidade existente nos postos de trabalho. Assim, a análise biomecânica contribuiu para a observação dos movimentos efetuados ao longo da execução da atividade de trabalho, enquanto que o estudo da fisiologia muscular permitiu identificar de que forma o sistema músculo-esquelético interage entre ele.

A implementação destas análises foi realizada através de ensaios laboratoriais onde se realizaram posturas observáveis em locais de trabalho que envolvam a MMC. Estes testes implicaram o uso de sensores de força e aceleração que possibilitaram a investigação das forças exercidas durante os movimentos e consequentemente, associar a essas o esforço muscular realizado.

Os resultados deste estudo demonstraram que é importante a aplicação de diversos métodos quando se trata da avaliação de um posto e/ou atividade de trabalho, isto porque, os métodos desenvolvidos, nomeadamente a nível ergonômico, são incapazes de obterem conclusões definitivas em relação às lesões relacionadas com o trabalho, bem como, às alterações organizacionais necessárias numa empresa. Para além disso, como muitos não contemplam as características individuais dos trabalhadores tornam-se métodos de difícil adaptação em alguns contextos laborais.

Por isso, sendo a movimentação manual de cargas um conjunto de movimentos complexos e dinâmicos é necessário que os trabalhadores destinados para tal sejam os mais predispostos fisicamente pois, nesses casos, o aparecimento de LMERT diminui consideravelmente.

Palavras-chave: Ergonomia; Biomecânica; Fisiologia Muscular; Movimentação Manual de Cargas; Lesões Músculo-Esqueléticas relacionadas com o trabalho.

ABSTRACT

The musculoskeletal disorders are a problem concerning workers' health and, in this sense, there has been an increase in the methods of evaluation of occurrence risk. As in any process, these methods raise a lot of questions that condition the viability of their application.

In this way, this study aims to analyze manual handling of loads, combining ergonomic methods already created with new tools that complement that risk assessment, getting it closer to the jobs current reality. Therefore, the biomechanical analysis has contributed to the observation of the movements performed while working, whereas the study of muscular physiology allowed the identification of the interactions within the musculoskeletal system.

The implementation of these analyses was performed through laboratorial assays where observable postures were executed in working environments involving MHL. These tests implicated the use of force and acceleration sensors that allowed the investigation of the forces applied during movements and, consequently, the muscular effort associated to them.

The results of this study showed that the application of diverse methods is important regarding the evaluation of a working place and/or activity because the developed methods, especially at the ergonomic level, are incapable of giving definitive conclusions concerning lesions related to work, as well as the organizational changes needed in an enterprise. Furthermore, as many methods don't provide the workers' individual characteristics, their adaptation becomes difficult in some working environments.

Therefore, as the manual handling of loads is a set of complex and dynamic movements, it is indispensable that the workers destined to this task are the most physically predisposed once, in these cases, the emergence of MSDs considerably decreases.

Keyword: Ergonomic; Biomechanics; Muscular Physiology; Manual Handling of Loads; Work-related Musculoskeletal Disorders.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. ESTADO DE ARTE	5
2.1. Enquadramento Técnico.....	5
2.2. Enquadramento Legal e Normativo.....	7
2.3. Conhecimento Científico.....	9
3. OBJETIVOS.....	15
4. MATERIAIS	17
5. METODOLOGIA	19
5.1. Ensaios Laboratoriais	19
5.2. Análise Biomecânica.....	21
5.3. Análise Ergonômica	21
5.4. Análise Fisiológica	22
6. RESULTADOS	25
6.1. Postura – Rotação do Tronco sem extensão de braços.....	26
6.2. Postura – Prateleira a dois níveis com rotação	39
7. DISCUSSÃO DE RESULTADOS	55
7.1. Análise Ergonômica	55
7.2. Análise Biomecânica.....	55
7.3. Análise Fisiológica	56
7.4. Proposta de Análise Integrada.....	57
8. CONCLUSÃO	59
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
ANEXOS	63

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 – EQUIPAMENTO BIOPLUX RESEARCH.....	17
FIGURA 2 – DISPOSIÇÃO REAL DOS SENSORES ACC (1 – COTOVELO; 2 – PUNHO) E FSR (3) NAS MÃOS.	20
FIGURA 3 – POSTURA NATURAL DE UM TRABALHADOR EM TAREFAS DE MMC E RESPECTIVA DECOMPOSIÇÃO DE FORÇAS NO MEMBRO SUPERIOR ESQUERDO.	25
FIGURA 4 – ROTAÇÃO DO TRONCO SEM EXTENSÃO DE BRAÇOS E AS FORÇAS EXERCIDAS AO LONGO DO MOVIMENTO COM BOA PEGA.	26
FIGURA 5 – ROTAÇÃO DO TRONCO SEM EXTENSÃO DE BRAÇOS E AS FORÇAS EXERCIDAS AO LONGO DO MOVIMENTO COM MÁ PEGA.	32
FIGURA 6 – SIMULAÇÃO DO EXERCÍCIO DE “PRATELEIRA” A DOIS NÍVEIS COM ROTAÇÃO DO TRONCO COM BOA PEGA.	40
FIGURA 7 – SIMULAÇÃO DO EXERCÍCIO DE “PRATELEIRA” A DOIS NÍVEIS COM ROTAÇÃO DO TRONCO COM MÁ PEGA.	45
FIGURA 8 – ESQUEMA ILUSTRATIVO DA ANÁLISE INTEGRADA RESULTANTE DESTES ESTUDOS.	57
FIGURA 9 – AVALIAÇÃO DA ROTAÇÃO DO TRONCO SEGUNDO O RULA PARA A CARGA DE 2 KG.	67
FIGURA 10 – AVALIAÇÃO DA ROTAÇÃO DO TRONCO SEGUNDO O RULA PARA A CARGA DE 7 KG.	68
FIGURA 11 – AVALIAÇÃO DA ROTAÇÃO DO TRONCO SEGUNDO O RULA PARA A CARGA DE 12 KG.	69
FIGURA 12 – AVALIAÇÃO DO EXERCÍCIO DA “PRATELEIRA” SEGUNDO O RULA PARA A CARGA DE 2 KG.	70
FIGURA 13 – AVALIAÇÃO DO EXERCÍCIO DA “PRATELEIRA” SEGUNDO O RULA PARA A CARGA DE 7 KG.	71
FIGURA 14 – AVALIAÇÃO DO EXERCÍCIO DA “PRATELEIRA” SEGUNDO O RULA PARA A CARGA DE 12 KG.	72
FIGURA 15 – AVALIAÇÃO DA ROTAÇÃO DO TRONCO SEGUNDO O REBA PARA A CARGA DE 2 KG COM BOA PEGA.	73
FIGURA 16 – AVALIAÇÃO DA ROTAÇÃO DO TRONCO SEGUNDO O REBA PARA A CARGA DE 2 KG COM MÁ PEGA.	74
FIGURA 17 – AVALIAÇÃO DA ROTAÇÃO DO TRONCO SEGUNDO O REBA PARA A CARGA DE 7 KG COM BOA PEGA.	75
FIGURA 18 – AVALIAÇÃO DA ROTAÇÃO DO TRONCO SEGUNDO O REBA PARA A CARGA DE 7 KG COM MÁ PEGA.	76
FIGURA 19 – AVALIAÇÃO DA ROTAÇÃO DO TRONCO SEGUNDO O REBA PARA A CARGA DE 12 KG COM BOA PEGA.	77
FIGURA 20 – AVALIAÇÃO DO EXERCÍCIO DA “PRATELEIRA” SEGUNDO O REBA PARA A CARGA DE 2 KG COM BOA PEGA.	78
FIGURA 21 – AVALIAÇÃO DO EXERCÍCIO DA “PRATELEIRA” SEGUNDO O REBA PARA A CARGA DE 2 KG COM MÁ PEGA.	79
FIGURA 22 – AVALIAÇÃO DO EXERCÍCIO DA “PRATELEIRA” SEGUNDO O REBA PARA A CARGA DE 7 KG COM BOA PEGA.	80
FIGURA 23 – AVALIAÇÃO DO EXERCÍCIO DA “PRATELEIRA” SEGUNDO O REBA PARA A CARGA DE 7 KG COM MÁ PEGA.	81
FIGURA 24 – AVALIAÇÃO DO EXERCÍCIO DA “PRATELEIRA” SEGUNDO O REBA PARA A CARGA DE 12 KG COM BOA PEGA.	82
FIGURA 25 – ESQUEMA ILUSTRATIVO DA RELAÇÃO DA FORÇA MUSCULAR NO COTOVELO COM A MASSA DA CARGA SUPOSTA PELO PUNHO EM TRABALHO ESTÁTICO.	83

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 – MATRIZ DA LEGISLAÇÃO APLICÁVEL NA PREVENÇÃO DE LMERT.....	7
TABELA 2 – MATRIZ DA NORMALIZAÇÃO ERGONÓMICA EM TAREFAS DE MOVIMENTAÇÃO MANUAL DE CARGAS.	7
TABELA 3 – POSTURAS SIMULADAS NOS ENSAIOS LABORATORIAIS.	19
TABELA 4 – CONSTITUIÇÃO DO SISTEMA MUSCULAR DOS MEMBROS SUPERIORES.	22
TABELA 5 – ASTF DOS MÚSCULOS FUNCIONAIS NO MOVIMENTO DE ROTAÇÃO DO TRONCO SEM EXTENSÃO DE BRAÇOS.	27
TABELA 6 – FORÇA MUSCULAR CALCULADA PARA A ROTAÇÃO DO TRONCO SEM EXTENSÃO DE BRAÇOS, EM NEWTON.	28
TABELA 7 – ANÁLISE ERGONÓMICA DA ROTAÇÃO DO TRONCO SEGUNDO O MÉTODO DO RULA E DO REBA (BOA PEGA / MÁ PEGA).	38
TABELA 8 – ASTF DOS MÚSCULOS FUNCIONAIS NO EXERCÍCIO DE “PRATELEIRA” A DOIS NÍVEIS COM ROTAÇÃO DO TRONCO.....	40
TABELA 9 – FORÇA MUSCULAR CALCULADA PARA O EXERCÍCIO DE “PRATELEIRA” A DOIS NÍVEIS COM ROTAÇÃO DO TRONCO, EM NEWTON.	41
TABELA 10 – ANÁLISE ERGONÓMICA DO EXERCÍCIO DE “PRATELEIRA” SEGUNDO O MÉTODO DO RULA E DO REBA (BOA PEGA / MÁ PEGA).	53
TABELA 11 – ÍNDICE DE RISCO BIOMECÂNICO E FISIOLÓGICO PROPOSTO.....	57
TABELA 12 – DADOS ESTÁTICOS NO CORPO HUMANO DO INDIVÍDUO CONSIDERADO.....	83

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - CAUSAS NO APARECIMENTO DE LESÕES E DAS OCORRÊNCIAS REPORTADAS PELOS TRABALHADORES NA EUROPA (27 E 15 ESTADOS MEMBROS) EM 2005.....	2
GRÁFICO 2 - TRABALHADORES EXPOSTOS A FATORES DE RISCO DE LMERT EM PORTUGAL NO ANO DE 2005.	2
GRÁFICO 3 – FORÇA APLICADA PELO PUNHO ESQUERDO DURANTE A ROTAÇÃO DO TRONCO COM CARGA DE 2 KG NA BOA PEGA.	28
GRÁFICO 4 – FORÇA APLICADA PELO PUNHO ESQUERDO DURANTE A ROTAÇÃO DO TRONCO COM CARGA DE 7 KG NA BOA PEGA.	29
GRÁFICO 5 – FORÇA APLICADA PELO PUNHO ESQUERDO DURANTE A ROTAÇÃO DO TRONCO COM CARGA DE 12 KG NA BOA PEGA.	29
GRÁFICO 6 – MAPA DE VETORES DE FORÇAS APLICADAS, EM NEWTON, NO PUNHO DURANTE A ROTAÇÃO DO TRONCO DA CARGA DE 2 KG COM BOA PEGA.	30
GRÁFICO 7 – MAPA DE VETORES DE FORÇAS APLICADAS, EM NEWTON, NO PUNHO DURANTE A ROTAÇÃO DO TRONCO DA CARGA DE 7 KG COM BOA PEGA.	30
GRÁFICO 8 – MAPA DE VETORES DE FORÇAS APLICADAS NO PUNHO, EM NEWTON, DURANTE A ROTAÇÃO DO TRONCO DA CARGA DE 12 KG COM BOA PEGA.	31
GRÁFICO 9 – FORÇA APLICADA PELO PUNHO ESQUERDO DURANTE A ROTAÇÃO DO TRONCO COM CARGA DE 2 KG NA MÁ PEGA.	33
GRÁFICO 10 – FORÇA APLICADA PELO PUNHO ESQUERDO DURANTE A ROTAÇÃO DO TRONCO COM CARGA DE 7 KG NA BOA PEGA.	33
GRÁFICO 11 – MAPA DE VETORES DE FORÇAS APLICADAS NO PUNHO, EM NEWTON, DURANTE A ROTAÇÃO DO TRONCO DA CARGA DE 2 KG COM MÁ PEGA.	34
GRÁFICO 12 – MAPA DE VETORES DE FORÇAS APLICADAS NO PUNHO, EM NEWTON, DURANTE A ROTAÇÃO DO TRONCO DA CARGA DE 7 KG COM MÁ PEGA.	34
GRÁFICO 13 – MAPA DE VETORES DAS ACELERAÇÕES NO COTOVELO, EM M/S^2 , DURANTE A ROTAÇÃO DO TRONCO DA CARGA DE 2 KG.	35
GRÁFICO 14 – MAPA DE VETORES DAS ACELERAÇÕES NO PUNHO, EM M/S^2 , DURANTE A ROTAÇÃO DO TRONCO DA CARGA DE 2 KG.	35
GRÁFICO 15 – MAPA DE VETORES DAS ACELERAÇÕES NO COTOVELO, EM M/S^2 , DURANTE A ROTAÇÃO DO TRONCO DA CARGA DE 7 KG.	36
GRÁFICO 16 – MAPA DE VETORES DAS ACELERAÇÕES NO PUNHO, EM M/S^2 , DURANTE A ROTAÇÃO DO TRONCO DA CARGA DE 7 KG.	36
GRÁFICO 17 – MAPA DE VETORES DAS ACELERAÇÕES NO COTOVELO, EM M/S^2 , DURANTE A ROTAÇÃO DO TRONCO DA CARGA DE 12 KG.	37
GRÁFICO 18 – MAPA DE VETORES DAS ACELERAÇÕES NO PUNHO, EM M/S^2 , DURANTE A ROTAÇÃO DO TRONCO DA CARGA DE 12 KG.	37
GRÁFICO 19 – FORÇA APLICADA PELO PUNHO ESQUERDO DURANTE O EXERCÍCIO DE “PRATELEIRA” COM CARGA DE 2 KG NA BOA PEGA.	41
GRÁFICO 20 – FORÇA APLICADA PELO PUNHO ESQUERDO DURANTE O EXERCÍCIO DE “PRATELEIRA” COM CARGA DE 7 KG NA BOA PEGA.	41
GRÁFICO 21 – FORÇA APLICADA PELO PUNHO ESQUERDO DURANTE O EXERCÍCIO DE “PRATELEIRA” COM CARGA DE 12 KG NA BOA PEGA.	42
GRÁFICO 22 – MAPA DE VETORES DE FORÇAS APLICADAS NO PUNHO, EM NEWTON, DURANTE O EXERCÍCIO DE “PRATELEIRA” DA CARGA DE 2 KG COM BOA PEGA.....	43
GRÁFICO 23 – MAPA DE VETORES DE FORÇAS APLICADAS NO PUNHO, EM NEWTON, DURANTE O EXERCÍCIO DE “PRATELEIRA” DA CARGA DE 7 KG COM BOA PEGA.....	43

GRÁFICO 24 – MAPA DE VETORES DE FORÇAS APLICADAS NO PUNHO, EM NEWTON, DURANTE O EXERCÍCIO DE “PRATELEIRA” DA CARGA DE 12 KG COM BOA PEGA.	43
GRÁFICO 25 – FORÇA APLICADA PELO PUNHO ESQUERDO DURANTE O EXERCÍCIO DE “PRATELEIRA” COM CARGA DE 2 KG NA MÁ PEGA.	46
GRÁFICO 26 – FORÇA APLICADA PELO PUNHO ESQUERDO DURANTE O EXERCÍCIO DE “PRATELEIRA” COM CARGA DE 7 KG NA MÁ PEGA.	46
GRÁFICO 27 – MAPA DE VETORES DE FORÇAS APLICADAS NO PUNHO, EM NEWTON, DURANTE O EXERCÍCIO DE “PRATELEIRA” DA CARGA DE 2 KG COM MÁ PEGA.	47
GRÁFICO 28 – MAPA DE VETORES DE FORÇAS APLICADAS NO PUNHO, EM NEWTON, DURANTE O EXERCÍCIO DE “PRATELEIRA” DA CARGA DE 7 KG COM MÁ PEGA.	47
GRÁFICO 29 – MAPA DE VETORES DAS ACELERAÇÕES NO COTOVELO, EM M/S^2 , DURANTE O EXERCÍCIO DE “PRATELEIRA” DA CARGA DE 2 KG.	48
GRÁFICO 30 – MAPA 3D DE VETORES DAS ACELERAÇÕES NO COTOVELO, EM M/S^2 , DURANTE O EXERCÍCIO DE “PRATELEIRA” DA CARGA DE 2 KG.	48
GRÁFICO 31 – MAPA DE VETORES DAS ACELERAÇÕES NO PUNHO, EM M/S^2 , DURANTE O EXERCÍCIO DE “PRATELEIRA” DA CARGA DE 2 KG.	48
GRÁFICO 32 – MAPA 3D DE VETORES DAS ACELERAÇÕES NO PUNHO, EM M/S^2 , DURANTE O EXERCÍCIO DE “PRATELEIRA” DA CARGA DE 2 KG.	49
GRÁFICO 33 – MAPA DE VETORES DAS ACELERAÇÕES NO COTOVELO, EM M/S^2 , DURANTE O EXERCÍCIO DE “PRATELEIRA” DA CARGA DE 7 KG.	49
GRÁFICO 34 – MAPA 3D DE VETORES DAS ACELERAÇÕES NO COTOVELO, EM M/S^2 , DURANTE O EXERCÍCIO DE “PRATELEIRA” DA CARGA DE 7 KG.	50
GRÁFICO 35 – MAPA DE VETORES DAS ACELERAÇÕES NO PUNHO, EM M/S^2 , DURANTE O EXERCÍCIO DE “PRATELEIRA” DA CARGA DE 7 KG.	50
GRÁFICO 36 – MAPA 3D DE VETORES DAS ACELERAÇÕES NO PUNHO, EM M/S^2 , DURANTE O EXERCÍCIO DE “PRATELEIRA” DA CARGA DE 7 KG.	50
GRÁFICO 37 – MAPA DE VETORES DAS ACELERAÇÕES NO COTOVELO, EM M/S^2 , DURANTE O EXERCÍCIO DE “PRATELEIRA” DA CARGA DE 12 KG.	51
GRÁFICO 38 – MAPA 3D DE VETORES DAS ACELERAÇÕES NO COTOVELO, EM M/S^2 , DURANTE O EXERCÍCIO DE “PRATELEIRA” DA CARGA DE 12 KG.	51
GRÁFICO 39 – MAPA DE VETORES DAS ACELERAÇÕES NO PUNHO, EM M/S^2 , DURANTE O EXERCÍCIO DE “PRATELEIRA” DA CARGA DE 12 KG.	52
GRÁFICO 40 – MAPA 3D DE VETORES DAS ACELERAÇÕES NO PUNHO, EM M/S^2 , DURANTE O EXERCÍCIO DE “PRATELEIRA” DA CARGA DE 12 KG.	52

ÍNDICE DE EQUAÇÕES

EQUAÇÃO 1 – FÓRMULAS DE CONVERSÃO DOS DADOS RECOLHIDOS PELO SENSOR FSR EM KG.	65
EQUAÇÃO 2 – FÓRMULA DA TRANSFORMAÇÃO DO SINAL DO ACC PARA G-FORCE.	65
EQUAÇÃO 3 – CONVERSÃO DA ACELERAÇÃO PARA M/S^2	65
EQUAÇÃO 4 – VELOCIDADE (M/S) E DESLOCAMENTO (M) ASSOCIADO À ACELERAÇÃO.	65
EQUAÇÃO 5 – MASSA SUPORTADA (KG) POR CADA SENSOR DE FSR CONSOANTE A MASSA DA CARGA TOTAL.	65
EQUAÇÃO 6 – SEGUNDA LEI DE NEWTON QUE PERMITIU O CÁLCULO DAS FORÇAS AO LONGO DO MOVIMENTO.	66
EQUAÇÃO 7 – DISTÂNCIA DOS SEGMENTOS CORPORAIS EM RELAÇÃO AO COMPRIMENTO SEGMENTAR DOS CENTROS DE MASSA.....	83
EQUAÇÃO 8 – CÁLCULO DA MASSA DA CARGA NO SISTEMA DO MEMBRO SUPERIOR EM FUNÇÃO DA FORÇA MUSCULAR ADMITIDA.....	83

GLOSSÁRIO

3D – Três dimensões.

\vec{a} – Vetor da aceleração (m/s^2).

\vec{a}_g – Aceleração da gravidade ($9,81 \text{ m/s}^2$).

ACC – Acelerómetro (sensor de acelerações).

ASTF – Área de Seção Transversal Fisiológica (cm^2).

ATO – Ações Técnicas Ocupacionais.

ATR – Ações Técnicas Recomendadas.

EASHW – European Agency for Safety and Health at Work.

ESWC – Extended Semantic Web Conference.

EUROSTAT – Autoridade Estatística da União Europeia.

\vec{F}_a – Vetor da força de atrito (N – Newton).

\vec{F}_m – Vetor da força muscular (N).

\vec{F}_N – Vetor da força normal (N).

FSR – Sensor de força.

ISO – International Standard Organization.

K – Tensão muscular (N/cm^2).

LMERT – Lesão Músculo-Esquelética Relacionada com o Trabalho.

MHL – Manual Handling of Loads.

MMC – Movimentação Manual de Cargas.

MSD - Work-related Musculoskeletal Disorder.

NIOSH – National Institute of Occupational Safety and Health.

OCRA – Occupational Repetitive Actions.

OSHA – Occupational Safety and Health Administration.

OWAS – OVAKO Working Posture Analyzing System.

\vec{P} – Vetor do peso (força da gravidade) (N).

\vec{R} – Vetor da reação da articulação (N).

REBA – Rapid Entire Body Assessment.

RULA – Rapid Upper Limb Assessment.

SI – Strain Index.

\vec{v} – Vetor da velocidade (m/s).

PARTE 1

1. INTRODUÇÃO

A problemática referente às lesões músculo-esqueléticas no contexto laboral assume atualmente uma grande importância para os profissionais tanto da Segurança e Higiene no Trabalho como para os próprios técnicos de saúde. As posturas inadequadas no posto de trabalho estão muitas vezes associadas à ocorrência deste tipo de lesões que causam dores, desconforto e até mesmo a perda de funcionalidade do próprio trabalhador.

De modo a resolver este problema foram desenvolvidos diversos estudos científicos e sociológicos que interligam várias áreas de interesse, como é o caso da Ergonomia e da Biomecânica. Esta temática vem sendo abordada ao longo dos anos e cada vez mais é possível justificar que os estudos de biomecânica no meio laboral resolvem com maior eficácia as questões relacionados com posturas. Segundo Borelli (1989), as leis da física podem ser usadas para estimar a força muscular interna requerida para mexer um membro e também verificar a variação da força muscular durante a execução de esforços que depende da distância da articulação.

A conceção da organização científica do trabalho contribui significativamente para a forma de execução de tarefas dos trabalhadores. Por exemplo, no Taylorismo, o trabalhador era considerado parte integrante da máquina, isto é, se uma máquina conseguia produzir determinada quantidade então o trabalhador também tinha que ter a mesma produtividade. No entanto, e como era de prever, esta organização de trabalho originou inúmeros problemas de carácter técnico, económico mas também social de onde resultou um grande crescimento do absentismo.

Ao longo dos anos, vários foram aqueles que tentaram desenvolver novas estratégias na organização do trabalho de forma a otimizarem a produtividade e para isso faziam estudos de tempos e movimentos, analisavam a fadiga humana, as condições de trabalho e os gestos e posturas dos trabalhadores na realização de tarefas. Atualmente, a ergonomia não se baseia apenas no aumento dos índices de produtividade e sim, no bem-estar dos trabalhadores. Esta ciência tem como principal objetivo a adaptação do homem ao posto de trabalho (interface homem-máquina), e assim diminuir os riscos de lesões, evitar custos elevados para a empresa e consequentemente aumentar a qualidade e a produtividade. Por regra, é recomendado fazer a conceção do posto de trabalho segundo princípios ergonómicos na fase de projeto pois assim torna-se mais fácil a prevenção deste tipo de lesões.

Nos dias de hoje, a conjuntura económica e social de muitos países permitiu a existência de um grande número de micro e pequenas empresas, onde existem poucos recursos para a aplicação de estratégias na avaliação do risco de lesões no trabalho. Por isso, vários métodos ergonómicos foram elaborados de forma a satisfazer estas empresas. São exemplo, os questionários preenchidos pelos trabalhadores, as entrevistas, as listas de verificação que classificam o risco segundo uma determinada escala, contudo, e tratando-se de meios mais dispendiosos e muitas vezes inacessíveis para este tipo de empresa, é também possível fazer uso de vídeos, fotografias e computadores para uma observação mais rigorosa do posto de trabalho.

Embora existam inúmeros métodos que avaliam o risco de lesões músculo-esqueléticas, muitas vezes o problema prende-se com ter a perceção de qual a estratégia mais adequada para determinado posto de trabalho, pois torna-se complexo adotar a mesma metodologia para postos de trabalho com características diferentes.

Dados Estatísticos

As lesões músculo-esqueléticas afetam todos os anos milhões de trabalhadores em diferentes setores de trabalho. Transportes de carga, posturas inadequadas e repetitividade dos movimentos são as causas principais no aparecimento de LMERT, como se pode ver no gráfico 1, sendo que o tratamento e a recuperação são, em muitos casos, insuficientes e podem se tornar doenças crônicas que confere ao trabalhador um nível de incapacidade na execução de tarefas no meio laboral como também do próprio quotidiano.

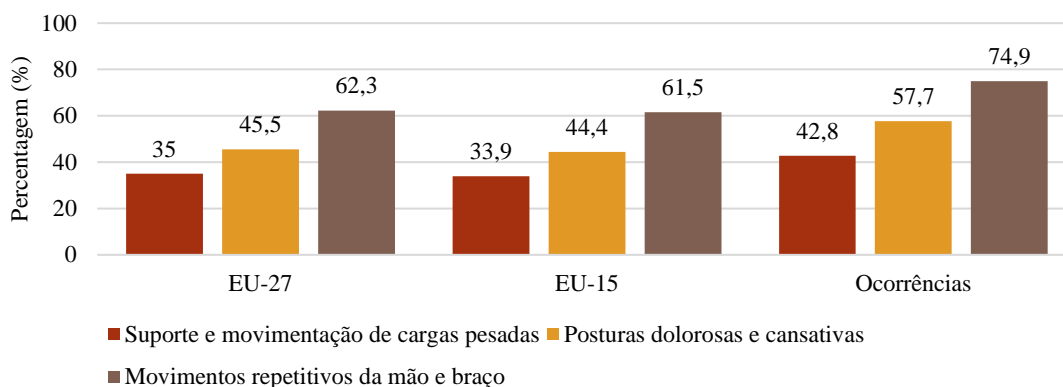


Gráfico 1 - Causas no aparecimento de lesões e das ocorrências reportadas pelos trabalhadores na Europa (27 e 15 estados membros) em 2005.
(Fonte: ESWC)

De acordo com o Eurostat (2010), o sistema-esquelético superior é aquele que apresenta mais ocorrências, sendo que 16 054 casos são de epicondilites que é o desgaste das articulações que atuam no cotovelo, enquanto na mão e no punho cerca de 12 962 trabalhadores reportaram o aparecimento de tenossinovites que representa uma inflamação dos tendões. No entanto, a maioria dos casos identificados nos membros superiores fazem referência à síndrome do túnel cárpico que é considerada uma doença neurológica diagnosticada nos punhos (17 395 casos).

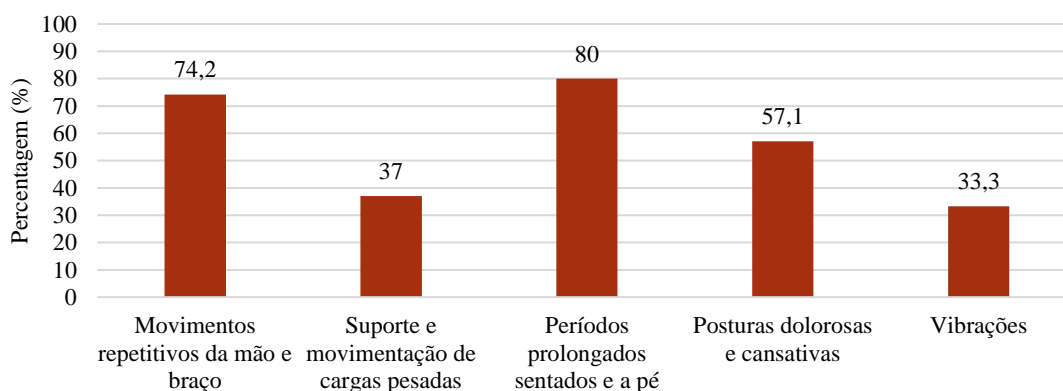


Gráfico 2 - Trabalhadores expostos a fatores de risco de LMERT em Portugal no ano de 2005.
(Fonte: ESWC)

Segundo o gráfico 5, em Portugal as causas mais dominantes no aparecimento de lesões ao nível dos membros superiores são provocadas por longos períodos onde o trabalhador está sentado

ou a pé, movimentos repetidos da mão e braço e por posturas inadequadas que se tornam dolorosas e cansativas após elevados períodos de exposição.

Para além dos problemas referidos anteriormente, este estudo menciona que 30,7% e 28,8% dos trabalhadores portugueses apresentam queixas ao nível das costas e dores musculares, respetivamente. É ainda dito, que os trabalhadores mais afetados por lesões no meio laboral são as mulheres e também os empregados mais novos. Assim sendo, os setores com mais ocorrências no caso dos homens são em tarefas que implicam o trabalho manual e a operação e manutenção de máquinas, já nas mulheres diz-se que é nos serviços públicos, por exemplo, em hospitais, e em supermercados e armazéns que as situações de lesões são maiores.

2. ESTADO DE ARTE

2.1. Enquadramento Técnico

A evolução da organização do trabalho promove uma melhoria significativa ao nível dos processos e da qualidade dos materiais desde que haja um aumento da produtividade sem causar danos aos trabalhadores (Westgaard & Winkel, 1996). Em contrapartida, este avanço resultará na diminuição do número de trabalhadores e consequentemente, no aumento de carga de trabalho dos trabalhadores restantes (Sato & Coury, 2009).

Assim, a prevenção de acidentes de trabalho e/ou doenças ocupacionais é o principal preocupação no meio laboral, sendo que esta é mais eficaz quando todas as partes integrantes de uma empresa estão interessadas e para isso, é necessário que ocorram mudanças tanto ao nível do espaço como na própria mentalidade das pessoas. Segundo Tharmmaphornphilas & Norman, existem três abordagens para a prevenção destes problemas:

- Reconceção do posto de trabalho e equipamentos;
- Alterações organizacionais;
- Utilizações de equipamentos de proteção individual e coletiva.

Para além destas medidas, é ainda importante a formação de todos os intervenientes no processo de trabalho, pois quando estão informados dos tipos de riscos há menor probabilidade de estarem em situações perigosas. Da mesma forma que a formação é de elevada importância, também a intervenção ergonómica pode fazer a diferença na prevenção, pois apresenta um ponto fulcral no que diz respeito à conceção de postos e processos de trabalho

Lesões Músculo-Esqueléticas

As lesões músculo-esqueléticas no contexto laboral são consideradas patologias crónicas e multifatoriais de componente profissional que podem afetar músculos, tendões, ligamentos, articulações, cartilagens, ossos, coluna vertebral e nervos periféricos, e manifesta-se por uma perturbação funcional com sintomas dolorosos, podendo tornar-se incapacitantes para tarefas profissionais como para atividades da vida quotidiana (Pombeiro & Carnide, 2006). Essas limitações por serem de carácter temporário ou definitivo originam o fenómeno do absentismo, que sendo prolongado, é reavaliado de forma a determinar se se trata de uma doença profissional.

A ocorrência das LMERT está diretamente relacionada com a capacidade individual de um trabalhador em executar determinadas tarefas associadas a aspetos biomecânicos, como a força, repetitividade e postura (Pombeiro & Carnide, 2006), isto é, quanto maior for a capacidade individual de um trabalhador mais baixa é a probabilidade de lesão.

Movimentação Manual de Cargas

O avanço tecnológico nas últimas décadas fez com que ocorresse a automatização dos postos de trabalho, isto é, as atividades exercidas pelo homem passaram a ser realizadas por máquinas, que por sua vez, aumentam a produtividade e consequentemente, os custos associados à

manutenção e operação das mesmas são reduzidos. Contudo, existem tarefas onde o homem não pode ser substituído, sendo a movimentação manual de cargas uma dessas atividades e por isso, estes postos de trabalho apresentam mais flexibilidade na forma como são realizadas as tarefas durante o horário laboral.

Assim sendo, a movimentação manual de cargas engloba atividades onde transportar, agarrar, sustentar, empurrar, puxar e/ou deslocar determinada carga é executada por um ou mais trabalhadores. Este conceito induz que o principal instrumento de trabalho nestes casos é o próprio corpo do trabalhador e por isso, este encontra-se sujeito a vários perigos e riscos inerentes à atividade em questão (EU-OSHA, 2007). Para além disso, associado ao ato de movimentação de cargas estão as posturas inadequadas adotadas pelos trabalhadores que comprometem a resistência física, a força muscular e muitas vezes, devido à falta de oxigénio no sangue, acontecem episódios de desfalecimento do próprio organismo. Por outro lado, a MMC pressupõe modificações no centro de gravidade do trabalhador à medida que este efetua o deslocamento da carga e são provocadas pelas características físicas da carga, como o peso, dimensão e estrutura (Almeida, 2011).

2.2. Enquadramento Legal e Normativo

A Legislação Portuguesa (tabela 1), no que diz respeito à prevenção de LMERT, transpõe, na sua maioria, as Diretivas Europeias existentes, no entanto, estas apenas de dedicam a atribuir obrigações à entidade empregadora mas não atribui nenhuma obrigatoriedade sobre o método de análise a utilizar (Arezes & Miguel, 2008).

Tabela 1 – Matriz da legislação aplicável na prevenção de LMERT.

Legislação Portuguesa	Diretivas Europeias	Objetivos
Lei n.º 102/2009, de 10 de Setembro	Diretiva n.º 89/391/CEE, de 12 de Junho	Regime jurídico da promoção da segurança e saúde no trabalho.
Decreto-Lei n.º 330/93, de 25 de Setembro	Diretiva n.º 90/269/CEE, de 29 de Maio	Prescrições mínimas de segurança e de saúde na movimentação manual de cargas.
Decreto-Lei n.º 347/93, de 1 de Outubro Portaria n.º 987/93, de 6 de Outubro	Diretiva n.º 89/654/CEE, de 30 de Novembro	Prescrições mínimas de segurança e de saúde para os locais de trabalho.

Existem ainda, as normas ISO que foram criadas pela Organização Internacional de Padronização (ISO), cujo objetivo é melhorar a qualidade de produtos e serviços em várias organizações mundiais (tabela 2). Estas são dispostas em áreas de aplicação, como por exemplo, ambiente, segurança alimentar, etc, incluindo Segurança e Saúde onde é feita a normalização direcionada à segurança e saúde no trabalho.

Tabela 2 – Matriz da normalização ergonómica em tarefas de movimentação manual de cargas.

Normas ISO	Objetivos
ISO 11228-1:2003 (Ergonomia)	Movimentação manual – Parte 1: Elevação e Suporte
ISO 11228-2:2007 (Ergonomia)	Movimentação manual – Parte 2: Impulso e Arrastamento
ISO 11228-3:2007 (Ergonomia)	Movimentação manual – Parte 3: Manipulação de cargas leves a elevadas frequências
ISO 11064-4:2013	<i>Design</i> ergonómico de centros de controlo – Parte 4: <i>Layout</i> e dimensões de postos de trabalho

Para além disso, também a Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho publicou um documento em 2010 que retrata a problemática das LMERT nos países europeus (Schneider, Irastorza, & Copsey, 2010).

2.3. Conhecimento Científico

Análise Ergonómica do Trabalho

A análise ergonómica do trabalho consiste na análise realista do trabalho, efetuada momento a momento no terreno, partindo das exigências do trabalho, sendo esta a única forma de melhorar as verdadeiras causas de desadaptação, nomeadamente, a carga de trabalho suportada pelo indivíduo (Costa & Barroso, 2008).

Esta análise é feita, por norma, através da observação direta, onde são descritos aspetos como a atividade, os comportamentos do trabalhador e as condições de trabalho a que está sujeito (Serranheira, 2007). No entanto, para a informação recolhida ser mais “real”, os trabalhadores observados devem ser sujeitos a entrevistas onde explicam as tarefas que executam e esclarecem algumas questões que surgem durante a observação realizada anteriormente. Segundo Guérin (1997), este tipo de método apresenta algumas condicionantes, como por exemplo, o constrangimento de estar a ser observado onde por vezes o próprio trabalhador altera a sua forma de executar determinada tarefa para o que acha “correto”.

As metodologias de observação diferem consoante o objetivo final da intervenção ergonómica, e por isso já existem publicados métodos de análise que identificam os fatores de risco.

A. OWAS - OVAKO Working Posture Analysing System

O OVAKO *Working Posture Analysing System* (OWAS) foi criado pelo *Finnish Institute of Occupational Health* em conjunto com o *OVAKO Steel Company*, pois surgiu para a investigação de problemas no levantamento de cargas e lesões de coluna na indústria do aço. O seu método de análise é baseado em intervalos variáveis ou constantes obtidos através da frequência e do tempo despendido em cada postura (Karhu, Kansí, & Kuorinka, 1977).

De forma a verificar os efeitos no sistema músculo-esquelético, os dados recolhidos podem combinar as posturas que afetam as costas, braços e pernas juntamente com a força exercida, sendo depois possível classificar a carga de trabalho e atribuí-la um nível de ação adequado.

Esta metodologia demonstra inúmeras vantagens na monitorização de tarefas sujeitas a constrangimentos pois torna-se perceptível a associação das condições de trabalho inadequadas com as áreas do corpo mais afetadas.

B. RULA - Rapid Upper Limb Assessment

O RULA é um método quantitativo de análise do risco postural dos membros superiores intervenientes na execução de uma tarefa, e o seu desenvolvimento foi baseado no método referido anteriormente (McAtamney & Corlett, 1993).

Este método torna possível analisar a cabeça, tronco, membros superiores esquerdo e direito e também membros inferiores, e ainda associados a aspetos biomecânicos como a força, a repetitividade e atividade muscular exercida. Desta forma, é feita uma comparação do contexto real de trabalho que permite ponderar uma classificação para cada membro avaliado. No final da

aplicação do RULA são obtidos valores de risco (*scores*) que estão distribuídos com o correspondente nível de ação.

O principal benefício desta metodologia prende-se com os baixos custos, facilidade e rapidez na aplicação e na obtenção de resultados (Marras & Karwowski, 2006), no entanto, por vezes, é considerado um método que requer uma observação bastante intensiva e exaustiva (Devereux & Buckle, 1999). Contudo, o RULA não contempla alguns fatores determinantes como as características individuais e emocionais dos trabalhadores e o ambiente do local de trabalho, assim como, não atribui grande importância à repetitividade dos movimentos.

C. REBA - Rapid Entire Body Assessment

O método do REBA consiste na análise quantitativa da atividade de trabalho, permitindo estimar a força, carga e tipo de pega do objeto durante a tarefa (Hignett & McAtamney, 2000). Este método foi desenvolvido com base no RULA e prevê a avaliação de posturas de atividades dinâmicas e/ou estáticas.

Com este método é possível avaliar a cervical, tronco, membros inferiores, ombros, cotovelos e punhos, e da mesma forma que o RULA, também está associado a aspetos biomecânicos e podem ser analisados de forma independente.

Para a utilização dessa ferramenta, é essencial que o observador possua noções acerca do processo de trabalho analisado, visto que as posturas analisadas apresentam características diferentes, como por exemplo, a postura de maior duração ou aquela que exige maior esforço físico. Embora o desenvolvimento deste método seja bastante promissor, é necessário a realização de mais estudos que promovam a validação do mesmo, podendo mesmo ser utilizados estudos comparativos com outras ferramentas ou até mesmo a realização de medições em condições laboratoriais.

D. SI - Strain Index

O método SI é um método semi-quantitativo utilizado para prever o aumento de risco de ocorrência e gravidade de lesões ao nível dos membros superiores (LMEMS) e difere de alguns métodos pois pretende analisar apenas o posto de trabalho e não os trabalhadores (Moore & Garg, 1995).

A pontuação deste índice é o resultado do produto de seis variáveis associadas à tarefa, onde as três primeiras são estimadas enquanto que as restantes são medidas, e são:

- Intensidade do esforço (MI);
- Duração do esforço (ME);
- Frequência dos esforços por minuto (MR);
- Postura do punho/mão (MP);
- Velocidade de movimentos (MV);
- Duração da tarefa por dia (MD).

Este método apresenta limitações relacionadas com a força exercida e as vibrações no sistema mão-braço, e como foi referido anteriormente, algumas variáveis são estimativas e por isso é necessário conhecimento para a atribuição dessas variáveis. Para além disso, trata-se de um método ainda em desenvolvimento logo ainda não foi validado pela comunidade científica.

E. OCRA - Occupational Repetitive Actions

O OCRA promove a avaliação e quantificação dos fatores de risco de uma atividade de trabalho associando um índice de exposição calculado através do número de ações técnicas observadas no turno de trabalho (ATO) e as que são especificamente recomendadas (ATR) (Colombini & Occhipinti, 2006).

A tipologia dos fatores de risco neste método é bastante diversa e abrange o risco individual, organizacional, físico e ainda biomecânico. Este facto indica que através do OCRA é possível ter uma análise detalhada na ocorrência de LMERT, no entanto, é uma metodologia dispendiosa pois contempla postos de trabalho com tarefas múltiplas e complexas.

F. OSHA Checklist

A OSHA *Checklist* avalia fatores de risco associados à repetitividade dos membros superiores, aplicação de força, posturas, vibrações, entre outros (Silverstein, 1997). Em semelhança com os outros métodos, atribui a cada fator uma pontuação e um nível de ação.

Fatores de Risco

Muitos são os fatores que contribuem para o desenvolvimento de lesões, entre eles, a movimentação manual de cargas, repetitividade de movimentos, posturas estáticas ou inadequadas, vibrações, pausas insuficientes, condições térmicas deficientes e também fatores organizacionais que apresentam muitas exigências para o tipo de condições que oferecem (Bruce & Bernard, 1997).

Segundo a Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho (EU-OSHA, 2007), os fatores de risco relacionados com as LMERT podem ser classificados ao nível de riscos físicos e biomecânicos, riscos individuais e ainda riscos organizacionais e psicossociais.

A. Fatores de Risco Físico e Biomecânico

Cada trabalhador é passível de fazer a melhor gestão da sua atividade de trabalho, ou seja, tendo noção das suas capacidades e limitações, deve ser capaz de elaborar estratégias operatórias que não condicionem a sua saúde e a produtividade da empresa. Estas estratégias estão relacionadas diretamente com componentes biomecânicos, como a postura adotada, a força exercida e a repetitividade dos movimentos (Neves & Serranheira, 2014).

A postura de um trabalhador é influenciada pela organização do posto de trabalho, as tarefas realizadas, o tipo de equipamentos utilizados e também pela capacidade física, incluindo as características antropométricas de cada um (Serranheira, 2007). Caso as condições referidas não

estejam adaptadas ao trabalhador existirá tensão e compressão de músculos o que aumenta consideravelmente o risco para o aparecimento de lesões.

A força exercida corresponde a uma carga mecânica no sistema músculo-esquelético, isto é, existe a força aplicada sobre o objeto mas também a tensão que é a força desenvolvida no músculo durante a tarefa. Esta distinção é feita, pois o peso do objeto manipulado é diferente da força necessária para a manipulação do mesmo (Simões, 2000). A movimentação manual de cargas (MMC) é a principal causa de lesões devido a esforços, podendo surgir em várias partes do corpo humano tendo maior incidência na região lombar da coluna vertebral.

Os movimentos repetitivos são identificados através da periodicidade dos movimentos, ou seja, são executados esforços musculares idênticos de forma cíclica em períodos de tempo curtos e ao longo de várias horas de trabalho (Serranheira, 2007).

A compressão mecânica está relacionada com o uso de equipamentos e a área de contato entre o trabalhador e esses mesmos equipamentos. As vibrações transmitidas representam o maior risco no desenvolvimento de lesões crônicas principalmente ao nível do sistema mão-braço, como é o caso do adormecimento e formigueiros, entre outros.

As condições térmicas condicionam diretamente a capacidade na execução da tarefa, ou seja, quando está frio o corpo tem tendência a aumentar a atividade muscular para se proteger (Sundelin & Hagberg, 1992), e por isso o sistema músculo-esquelético fica sujeito a um esforço maior. Por outro lado, na presença de calor em excesso, o trabalhador fica sujeito a um aumento da fadiga que é provocado por mecanismos de termorregulação como o aumento da transpiração e do ritmo cardíaco.

Para além dos fatores referidos, existem ainda fatores como a iluminação e o ruído que podem originar acidentes de trabalho, bem como um distúrbio na capacidade física do trabalhador.

B. Fatores de Risco Individual

Este tipo de fatores não está relacionado com o trabalho, e sim com as características pessoais de cada trabalhador, podendo influenciar de forma favorável ou não o aparecimento de lesões.

A idade e os antecedentes clínicos são um problema no desenvolvimento de LMERT, pois com o aumento da idade verifica-se alterações degenerativas naturais no sistema músculo-esquelético, sendo na maioria dos casos agravada pela elevada exposição ao risco, tornando assim, os trabalhadores mais velhos mais suscetíveis de sofrer com lesões deste tipo (Devereux & Buckle, 1999); (Freivalds, 2004). No entanto, os trabalhadores mais jovens e com menos experiência profissional exercem tarefas que implicam mais força originando fadiga precoce, o que proporciona o aparecimento de lesões nesta faixa etária (Vézina, 2003); (Serranheira, 2007).

O género e as condições antropométricas podem representar um fator de risco se e só se o posto de trabalho não for adequado ao trabalhador. Porém, estudos revelam que as mulheres têm maior predisposição para o desenvolvimento de lesões em contexto laboral mas não são justificadas as condições que indicam tal afirmação (Devereux & Buckle, 1999).

Tratando-se das características físicas do trabalhador, existem outros fatores que aumentem a probabilidade de aparecimento de LMERT, como por exemplo, o consumo de álcool e estupefacientes e o sedentarismo.

C. Fatores de Risco Organizacional e Psicossocial

Os fatores organizacionais estão principalmente relacionados com a estrutura interna das empresas, visto que incluem os horários de trabalho, nomeadamente os períodos de recuperação, a comunicação entre as camadas hierárquicas, a conceção da organização do trabalho, como por exemplo, o trabalho em série, entre outros.

Os fatores psicossociais são aqueles que estão interligados com o trabalho mas não são provenientes de características biomecânicas, ou seja, são as condições presentes no posto de trabalho que afetam o trabalhador a nível emocional podendo provocar problemas como o *stress*, depressão e ansiedade.

3. OBJETIVOS

As posturas no contexto laboral assumem cada vez mais uma maior importância para as empresas, pois a sua otimização torna a execução das tarefas e os locais de trabalho mais produtivos e seguros. Para tal é necessário a realização de análises ergonómicas, nomeadamente em relação às posturas, de forma a verificar o grau de risco de lesão e posteriormente aplicar correções que diminuam consideravelmente o risco.

Por norma, as avaliações de posturas mais utilizadas seguem os mesmos parâmetros de recolha de dados, que são: as entrevistas ao trabalhador, a observação da tarefa e posto de trabalho. Na maioria dos casos, estes métodos não são aplicados em conjunto, o que significa que a análise é insuficiente e a conclusão em relação ao risco pode não ser a correta.

Com este trabalho de Dissertação de Mestrado pretende-se identificar e caracterizar alguns métodos de quantificação do risco de lesões músculo-esqueléticas relacionadas com o trabalho em tarefas que implicam a movimentação manual de cargas controladas em laboratório. Para a obtenção de resultados mais conclusivos, pretende-se ainda fazer uma análise biomecânica dessas posturas fazendo uso de sensores de força e acelerómetros.

Portanto, de uma forma geral, os objetivos deste trabalho são:

- Proceder à avaliação ergonómica e biomecânica de posturas e movimentos com manipulação de cargas em laboratório;
- Analisar os esforços realizados segundo os princípios da fisiologia muscular;
- Verificar a relação dos resultados obtidos pelas diferentes análises;
- Elaborar uma proposta de metodologia integrada que englobe as análises.

4. MATERIAIS

A. BioPLUX Research

O *bioPLUX research* é um equipamento que permite recolher e digitalizar os sinais dos diversos sensores a ele conectados. Os sinais são transmitidos via *bluetooth* diretamente para o computador, onde é possível visualizar os gráficos em tempo real. Este aparelho permite recolhas até oito canais com a resolução até 12 bits e frequência de 1000 Hz.

É preferencialmente utilizado devido à sua flexibilidade, fiabilidade e por se tratar de um equipamento portátil que possui uma bateria recarregável com cerca de doze horas de autonomia.

Para a execução dos ensaios, utilizou-se sensores de força (FSR) e acelerómetros (ACC) que foram acoplados ao *bioPLUX research*, sendo que os FSR ocuparam dois canais enquanto que, os ACC ocuparam os restantes seis.



Figura 1 – Equipamento *bioPLUX research*.

B. Acelerómetro

Este sensor é principalmente aplicado em movimentos cinemáticos e em avaliações em movimento, isto é, pode ser utilizado para medições da atividade física, amplitude do movimento, vibrações, colisões, lançamentos, entre outros. O sinal das acelerações é medido em sub-miligramas e fornece os dados da magnitude em bruto de cada eixo (Biosignals PLUX, Accelerometer (ACC) - Sensor DataSheet, 2015).

C. Sensor de força

Este sensor de película fina caracteriza-se por ter um desempenho exemplar nas aplicações mais exigentes podendo suportar cargas até 150 kg.

D. MonitorPLUX

O *MonitorPLUX* é um *software* fornecido juntamente com o *bioPLUX research*, onde posteriormente deve-se proceder à sua instalação num computador portátil.

Aquando da primeira utilização do programa é necessário definir os oito canais do equipamento com uma resolução de 8 bits e uma frequência de 36 Hz. Assim, foi possível dispor os canais do seguinte modo:

- 1, 2, 3 – Acelerómetro no cotovelo esquerdo;
- 4 – Sensor de força da mão esquerda;
- 5, 6, 7 – Acelerómetro no punho esquerdo;
- 8 – Sensor de força da mão direita.

No que diz respeito ao *software*, e de forma a visualizar a funcionalidade dos sensores de todos os canais, foi preciso abrir os diferentes gráficos (*Analog*) representativos dos oito canais e colocá-los ao mesmo tempo na janela (*Window – Tile setting*). É de ressaltar que as restantes definições presentes no *software* são padrão, ou seja, vêm estipuladas na origem, como por exemplo, a escala dos eixos.

Os dados recolhidos através *MonitorPLUX* são guardados em formato de texto (*.txt) e estão organizados em colunas que representam:

- 1ª Coluna – Número de controlo sequencial das amostras obtidas (cada número representa 0.001 segundos da amostra).
- 2ª Coluna – Valor binário da entrada digital (0 representa inatividade e 1 quando está ativa).
- 3ª à 10ª Coluna – Valor da amplitude do sinal dos sensores (por exemplo, a 3ª coluna faz referência ao canal 1 e assim sucessivamente).

Estes documentos com extensão .txt podem ser tratados e/ou transformados em diversos programas como o *MatLab*, *Excel*, entre outros, e posteriormente devem ser calculados consoante a tipologia de cada sensor, isto é, a empresa responsável pelos sensores estabelece fórmulas para a elaboração dos cálculos.

E. SkillCapture

O *SkillCapture* é um *software* com a capacidade de transmitir diretamente vídeos para um computador. Para a utilização correta deste programa é necessário instalar as câmaras de vídeo também no computador, e neste caso, utilizou-se a *HD Pro Webcam C920 da Logitech* que foi posicionada estrategicamente para a realização dos ensaios. A resolução recomendada para captura de vídeo feita por este tipo de câmaras é de 10 *frames* por segundo, sendo que posteriormente, foi adicionada às definições do *software*, isto é, a câmara frontal foi definida como *Camera 1*.

5. METODOLOGIA

A metodologia para o desenvolvimento deste trabalho tem como base alcançar os objetivos propostos e por isso, as etapas desse procedimento foram as seguintes:

- Revisão bibliográfica sobre a temática abordada com recurso a diversas fontes de informação disponíveis para consulta, entre os quais bases de dados científicos e médicos como por exemplo o *ScienceDirect* e o *PUBMED* e também os serviços de documentação da Universidade do Porto;
- Identificação e caracterização de métodos de análise ergonómica associados ao risco de LMERT;
- Realização de ensaios de posturas e avaliação biomecânica em laboratório;
- Comparação entre a análise ergonómica, biomecânica e fisiológica dos resultados;
- Proposta de avaliação integrada que englobe várias análises.

5.1. Ensaios Laboratoriais

Os ensaios laboratoriais realizados tiveram como objetivo verificar tarefas que implicam a movimentação manual de cargas, ou seja, considerou-se apenas o sistema músculo-esquelético superior (tronco, ombros, braços, punhos, mãos, pescoço e cabeça), e assim, caracterizar essas posturas a nível biomecânico, ergonómico e fisiológico. Esta abordagem exigiu a realização de um estudo prévio de várias metodologias com recurso à bibliografia contemplada (McAtamney & Corlett, 1993); (Hignett & McAtamney, 2000), para que fossem definidas as posturas simuladas em laboratório, como mostra a tabela seguinte.

Tabela 3 – Posturas simuladas nos ensaios laboratoriais.

Postura	Carga	Descrição da postura
1	0 a 2 kg	Máxima extensão de braços
2		Rotação do tronco sem extensão de braços
3		Rotação do tronco com extensão de braços
4		Rotação do punho sem extensão de braços e com torção baixa
5		Rotação do punho com extensão de braços e com torção alta
6		Prateleira a dois níveis sem rotação
7		Prateleira a dois níveis com rotação
8	5 a 10 kg	Máxima extensão de braços
9		Rotação do tronco sem extensão de braços
10		Rotação do tronco com extensão de braços
11		Rotação do punho sem extensão de braços e com torção baixa
12		Rotação do punho com extensão de braços e com torção alta
13		Prateleira a dois níveis sem rotação
14		Prateleira a dois níveis com rotação
15	Superior a 10kg	Máxima extensão de braços
16		Rotação do tronco sem extensão de braços
17		Rotação do tronco com extensão de braços
18		Rotação do punho sem extensão de braços e com torção baixa
19		Rotação do punho com extensão de braços e com torção alta
20		Prateleira a dois níveis sem rotação
21		Prateleira a dois níveis com rotação

As posturas analisadas durante os ensaios incluem movimentos de extensão e flexão de braços, e rotação de tronco e punhos, sendo que, nas posturas 6, 7, 13, 14, 20 e 21 simulou-se a movimentação manual de cargas a dois níveis (colocação de cargas a alturas diferentes que se assemelha a postos de trabalho com empilhamento de caixas).

As características de cada movimento foram atribuídas para dar maior abrangência ao estudo. Assim, o facto de serem considerados três tipos de carga e dois tipos de pega, torna possível observar um número maior de condições a que um trabalhador está sujeito no posto de trabalho e também de que forma o índice de risco varia sobre essas condições.

Nestes ensaios foram analisadas cinco mulheres fisicamente distintas com idades compreendidas entre os 20 e os 34 anos. A escolha do sexo feminino para a realização destes ensaios baseou-se no facto de ser o sexo mais afetado no que diz respeito ao desenvolvimento de lesões devido à movimentação manual de cargas, como pode ser confirmado pelas características antropométricas utilizadas na conceção de um posto de trabalho. Também, sendo elas todas destros, considerou-se apenas a colocação dos acelerómetros (sensores ACC) no membro superior esquerdo pois é o membro menos dominante na amostra recolhida. No entanto, para se verificar a qualidade da pega, inseriu-se os sensores de força (sensores FSR) em cada mão, sendo que a boa pega define-se pelas duas mãos e a má pega é aquela executada apenas pela mão esquerda. Por outro lado, pela amostra ser apenas do sexo feminino onde a capacidade física, por norma, é menor, todas as posições que envolvem a carga mais pesada (superior a 10 kg) foram realizadas apenas com a boa pega.

Os ensaios foram realizados num Laboratório do Departamento de Engenharia de Minas da FEUP, obedecendo ao seguinte procedimento:

1. Colocação da câmara de vídeo para a recolha de imagens;
2. Colocação do equipamento *bioPLUX research* e dos respetivos sensores (FSR e ACC);

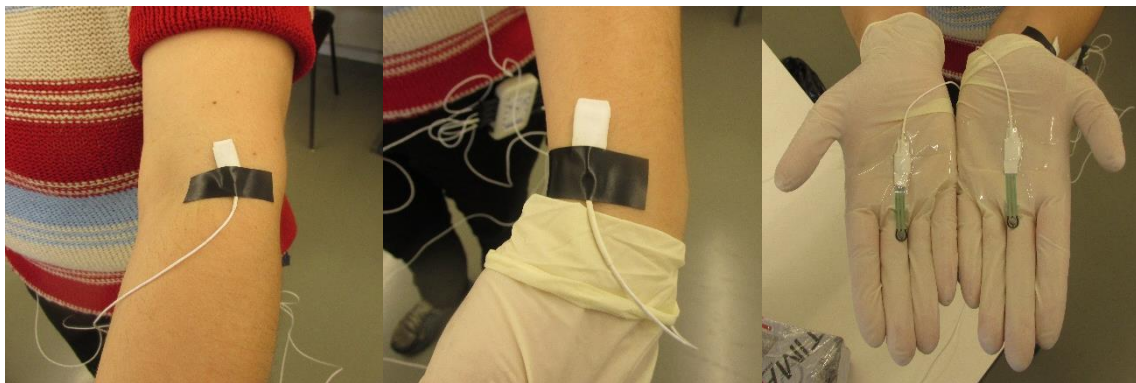


Figura 2 – Disposição real dos sensores ACC (1 – cotovelo; 2 – punho) e FSR (3) nas mãos.

3. Ligação dos aparelhos ao computador, usando o *SkillCapture* para a recolha de vídeo e o *MonitorPLUX* para os dados dos sensores;
4. Iniciação dos *softwares* em simultâneo e execução das posturas descritas em cima.

5.2. Análise Biomecânica

A análise biomecânica desenvolvida neste trabalho envolveu diversos *softwares* assim como conhecimentos de Física ao nível da movimentação de um corpo. Para a obtenção dos dados foram utilizados os sensores e os programas referidos no ponto dos Ensaios Laboratoriais, e em seguida transformados em MatLab segundo as indicações do fornecedor dos equipamentos (Anexo I). Através destes valores e com recurso das imagens, selecionou-se a boa e má pega e construí-se os gráficos de vetores em *MatLab* utilizando a função *quiver3* que confere a perspetiva 3D aos vetores de força associados ao movimento executado pelo cotovelo e pelo punho.

Ainda para uma análise biomecânica mais completa procedeu-se à decomposição de forças identificadas durante o movimento do membro superior esquerdo. As forças associadas às posturas podem ser descritas por (Completo & Fonseca, 2011):

- \vec{P} representa a força com que a Terra atrai o corpo, podendo também ser designada por força da gravidade;
- \vec{FN} é a força de reação que a superfície exerce sobre o corpo em contato com ela;
- \vec{Fa} é a força oposta ao movimento efetuado pelo corpo;
- \vec{a} é a taxa de variação da velocidade em função do tempo;
- \vec{v} é a distância percorrida por um corpo num determinado intervalo de tempo;
- \vec{Fm} corresponde à capacidade derivada da contração muscular que permite elevar e sustentar carga;
- \vec{R} é aquela que atua na superfície da articulação.

Neste trabalho, a força de atrito é desprezável visto se trata de uma elevação do corpo e não de um arrastamento. Contudo, no estudo das imagens apenas foram identificadas as forças que atuavam naquele momento pois as restantes anulam-se ao longo do movimento.

5.3. Análise Ergonómica

A análise ergonómica realizada neste trabalho baseou-se na aplicação do RULA e do REBA nas posturas realizadas nos ensaios laboratoriais. Para tal, utilizou-se a folha de preenchimento cedida pelos autores desta metodologia analisando-se assim a pontuação atribuída a cada postura e consequentemente o nível de ação necessário.

Contudo, a avaliação de risco segundo o RULA não pode ser conclusiva para estas posturas visto que neste trabalho não se realizaram entrevistas em contexto real, assim como, mesmo sendo possível a análise através de diversos suportes digitais (fotografias, vídeo), este método é mais facilmente aplicado quando se trata da análise de atividades de trabalho estáticas. Por outro lado, o REBA é capaz de avaliar um posto de trabalho seguindo moldes semelhantes ao RULA mas diferencia-se deste pois analisa a qualidade da pega, e neste caso, sendo a pega uma das características atribuídas às posturas simuladas nos ensaios laboratoriais, a pontuação do REBA pode apresentar resultados mais aproximados da realidade.

5.4. Análise Fisiológica

A análise fisiológica de uma postura fundamenta-se segundo o sistema músculo-esquelético envolvido na mesma, isto é, durante a movimentação manual de cargas constata-se o uso integral ou parcial do sistema muscular superior. Assim, a análise fisiológica contribui para apurar quais os músculos, referidos na tabela 4, passíveis de aparecimento de lesões em determinada postura e dessa forma, identificar medidas de prevenção a esse nível.

Tabela 4 – Constituição do Sistema Muscular dos membros superiores.

SISTEMA MUSCULAR SUPERIOR		
OMBRO	Flexores	Deltoide anterior Coracobraquial Bicípite
	Extensores	Deltoide posterior Tricípite
	Abdutores	Deltoide médio Supra -espinhoso Infra -espinhoso Pequeno redondo
	Adutores	Coracobraquial Infraescapular
COTOVELO	Flexores	Braquial anterior Bicípite Braquiorradial Epitrocleanos Epicondileanos
	Extensores	Tricípite Ancóneo
PUNHO	Flexores	Longo palmar Flexor radial do carpo Flexor cubital do corpo. Flexor superficial dos dedos
	Extensores	Curto extensor radial do carpo Extensor cubital do carpo Extensor comum dos dedos Extensor do 5º dedo Extensor próprio do 2º dedo Longo extensor do carpo

PARTE 2

6. RESULTADOS

Análise Ergonómica, Biomecânica e Fisiológica

Como referido anteriormente, todos os dados recolhidos foram tratados a nível ergonómico, biomecânico e fisiológico. Assim, do ponto de vista da Ergonomia foi possível estabelecer um índice de risco estimativo das posturas definidas neste trabalho como também, para essas mesmas posturas, caracterizou-se o índice de risco segundo o método do RULA e REBA. Enquanto que, na avaliação Biomecânica através dos sensores de força e acelerómetros verificou-se o tipo de forças e respetiva dimensão ao longo do movimento executado na postura. Do ponto de vista fisiológico, será analisado o esforço muscular presente em cada momento do movimento, sendo que a força muscular só está apresentada quando é efetuada a contração do sistema muscular. No entanto, é de ressaltar, que apenas foram analisadas as posturas que impliquem a torção do corpo sem a extensão dos braços.

A figura 3 representa a postura natural de um trabalhador aquando da pega da carga, onde associado a ela estão presentes as forças que são exercidas nesta posição. Contudo, é de salientar que apenas foram utilizados os dados do membro superior esquerdo pois é o local de colocação dos sensores assim como, foi o membro comum na boa pega e má pega.

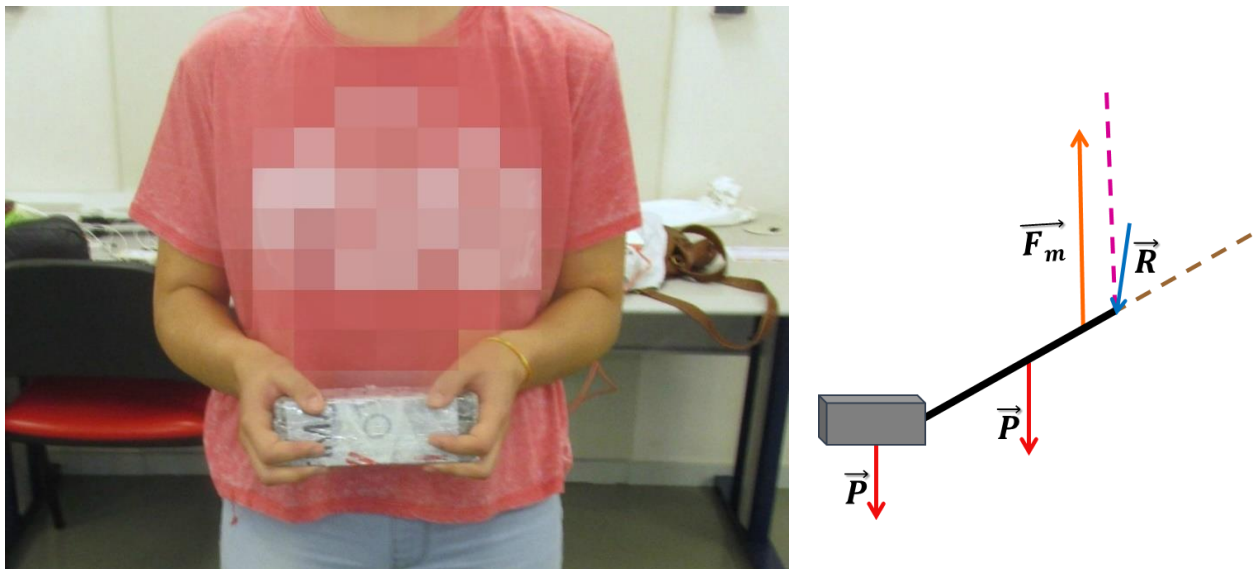


Figura 3 – Postura natural de um trabalhador em tarefas de MMC e respetiva decomposição de forças no membro superior esquerdo.

(Linha preta – ligação punho-cotovelo; Tracejado roxo – ligação ombro-cotovelo)

Na postura natural existem diversos vetores de posição, isto é, por regra, quando se pega numa determinada carga, a ela está sempre associado um peso (\vec{P}). Também no sistema ombro-cotovelo-punho é possível identificar o centro de massa no meio do antebraço, assim como, quando um trabalhador suporta determinada carga sem a mover, na articulação do cotovelo atuam duas forças: a força muscular (\vec{F}_m) e a reação da articulação (\vec{R}). Na verdade, a força muscular atua sempre onde há contração muscular e por isso se esta carga estivesse sobre uma superfície ela não estava representada pois tratava-se de um relaxamento muscular.

6.1. Postura - Rotação do Tronco sem extensão de braços

Esta postura caracteriza-se pelo movimento de rotação do tronco sem extensão de braços juntamente com todas as forças que são exercidas ao longo do mesmo. Esta postura foi analisada pois é uma posição bastante comum em meio laboral, tanto que é muitas vezes efetuada em postos de trabalho não específicos para a movimentação manual de cargas.

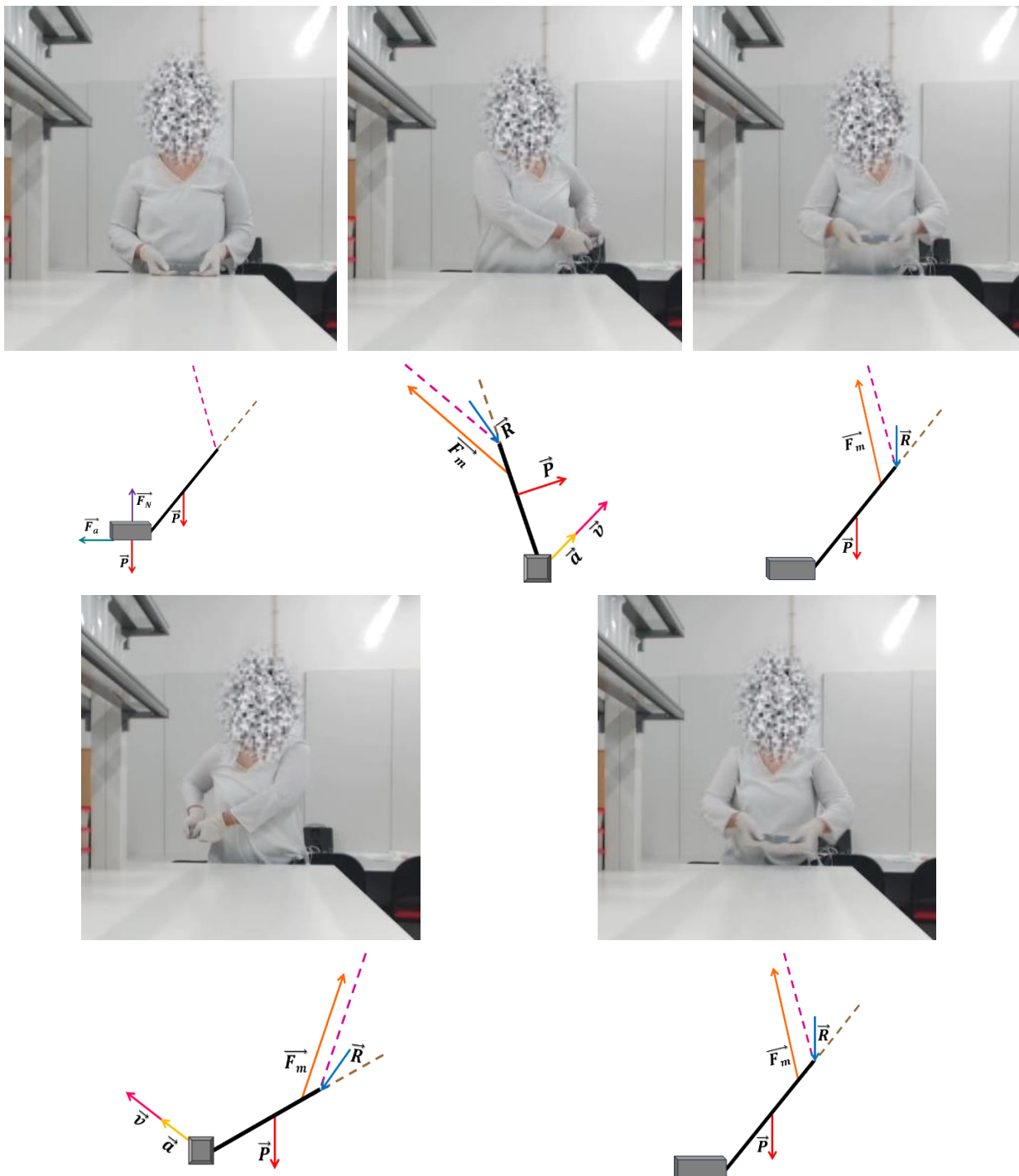


Figura 4 – Rotação do tronco sem extensão de braços e as forças exercidas ao longo do movimento com boa pega.
(1 – Início do movimento; 2 – Deslocamento para a esquerda; 3 – Posição neutra; 4 – Deslocamento para a direita;
5 – Fim do movimento)

A primeira posição corresponde ao relaxamento muscular, mas isso não implica que não seja necessária energia, muito pelo contrário, os músculos demoram duas vezes mais tempo a relaxar do que a contrair. Assim, como a carga está pousada na mesa considera-se a atuação da força de atrito junto à superfície contudo não se tratando de arrastamento ela não pode ser tida em conta.

Em relação ao deslocamento da carga para o lado esquerdo (posição 2), os músculos envolvidos são:

- Deltoide posterior;
- Coifa dos rotadores laterais do ombro (supra-espinhoso, infra-espinhoso, pequeno redondo);
- Flexores do cotovelo;
- Flexores do punho.

Enquanto que no deslocamento para o lado direito (posição 4), o esforço muscular interfere:

- Flexores do ombro;
- Coifa do rotador medial do ombro (infraescapular);
- Flexores do punho.

O movimento neutro (posição 3) e o momento final (posição 5) são semelhantes do ponto de vista muscular e global no seu movimento:

- Abdutores do ombro;
- Flexores do cotovelo;
- Flexores do punho.

De forma geral, na análise da fisiologia muscular é possível constatar que a execução de tarefas deste tipo implica um esforço considerável no sistema muscular superior, principalmente ao nível da coifa dos rotadores localizada no ombro, que por sofrerem rotações extremas apresentam mais desgaste pois são menos resistentes, e por consequência, o aparecimento de lesões neste local torna-se frequente.

Contudo, visto que o esforço muscular é na sua maioria realizado no sistema ombro-cotovelo foi possível calcular a força muscular dos músculos intervenientes nesta pega utilizando o acelerómetro do punho. A utilização desses dados em vez dos dados do cotovelo é justificada pelo facto do punho ser mais sensível ao movimento executado nesta postura. Assim, a força muscular é determinada pelo produto da área de seção transversal fisiológica (ASTF), que atribui a capacidade máxima de produção de força de um músculo (tabela 5), com a tensão muscular (K) que é a ativação do músculo (Completo & Fonseca, 2011).

Tabela 5 – ASTF dos músculos funcionais no movimento de rotação do tronco sem extensão de braços.

Músculo	ASTF (cm ²)
Bicípite	5,1
Coracobraquial	5,4
Braquiorradial	1,2
Total	11,7

No que diz respeito à tensão muscular, ela varia entre 16 N/cm² e 61 N/cm² no sistema músculo-esquelético humano, sendo que 30 N/cm² é o valor da tensão específica para a contração muscular efetuada no homem (Kroemer, Kroemer, & Kroemer-Elbert, 2010).

Tabela 6 – Força muscular calculada para a rotação do tronco sem extensão de braços, em Newton.

Força muscular mínima (N)	Força muscular específica (N)	Força muscular máxima (N)
187,2	351 ¹	713,7

Note-se que a força muscular obtida nesta postura (tabela 6) inclui apenas a utilização do membro superior esquerdo pois só foram recolhidos dados do sistema muscular esquerdo, mesmo que, quando se trata da boa pega estejam presentes os dois membros superiores. Por isso, é ilegível a relação entre a boa e má pega nesta situação visto que, considerando estes dados, a má pega representaria metade do esforço muscular exercido na boa pega, o que na verdade não acontece pois quando se suporta uma carga apenas com um membro é necessário uma contração muscular mais elevada.

Nos ensaios em laboratório, esta postura foi efetuada de forma repetitiva para todo o tipo de cargas, isto é, foram executados vários movimentos iguais pois, por norma, diariamente nos postos de trabalho são realizadas as mesmas tarefas durante o período laboral. Por isso, de forma a mostrar essa repetitividade dos movimentos, nos gráficos 3, 4 e 5 estão representadas as forças exercidas no punho ao longo do ensaio. Note-se que esse valor foi obtido através do produto do somatório dos vetores de aceleração (ax, ay, az) com a massa suportada em cada mão medido através dos sensores de força (FSR), isto porque, com o deslocamento da carga a massa admitida em cada mão é variável.

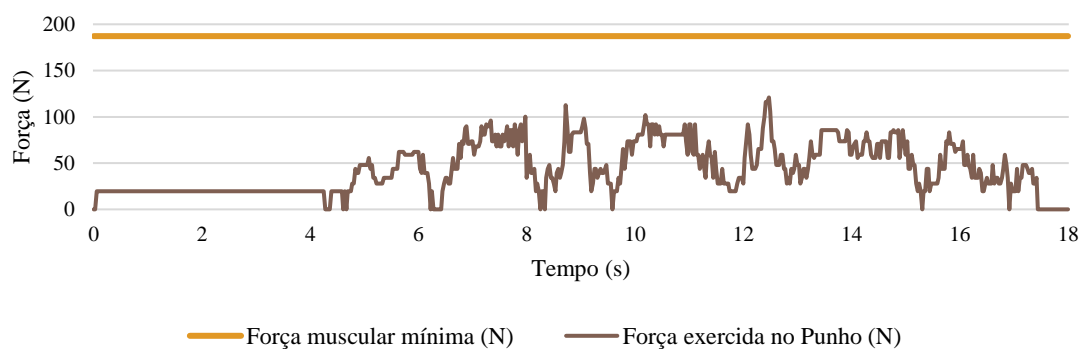


Gráfico 3 – Força aplicada pelo punho esquerdo durante a rotação do tronco com carga de 2 kg na boa pega.

Com a carga de 2 kg (gráfico 3) foram realizados três movimentos com a boa pega, sendo que a força exercida no punho não foi superior à força muscular mínima atribuída para este tipo de pega. Assim sendo, o esforço muscular neste caso não representa um constrangimento, no entanto, é visível que ao longo dos movimentos, a força necessária na execução da tarefa foi diminuindo, significando assim, que com a repetitividade das movimentações originar-se-á o fenómeno da fadiga muscular.

¹ Corresponde a uma carga suportada de 3,8 kg (Anexo IV).

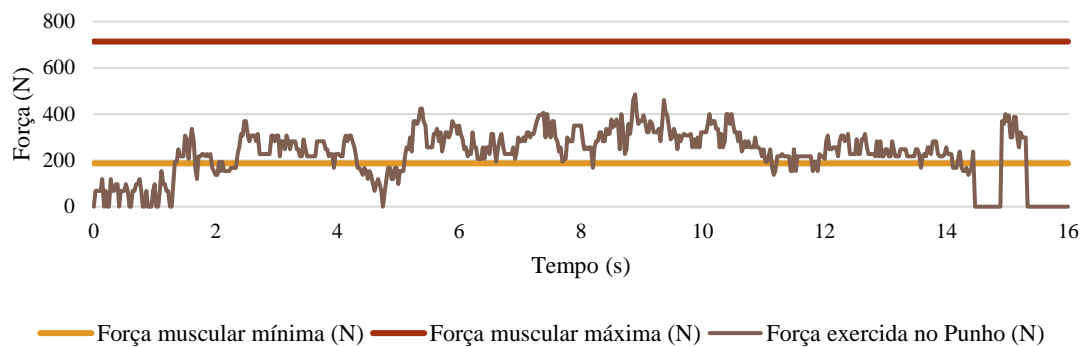


Gráfico 4 – Força aplicada pelo punho esquerdo durante a rotação do tronco com carga de 7 kg na boa pega.

No gráfico 4, a força exercida no punho nos dois movimentos efetuados ultrapassa de forma considerável a força muscular mínima admitida e igualmente, em muitos dos picos, a força muscular específica (351 N). Portanto, com a carga de 7 kg o esforço muscular necessário é bastante elevado, sendo que à medida que o tempo de exposição do trabalhador aumenta também o risco de aparecimento de lesões músculo-esqueléticas é maior.

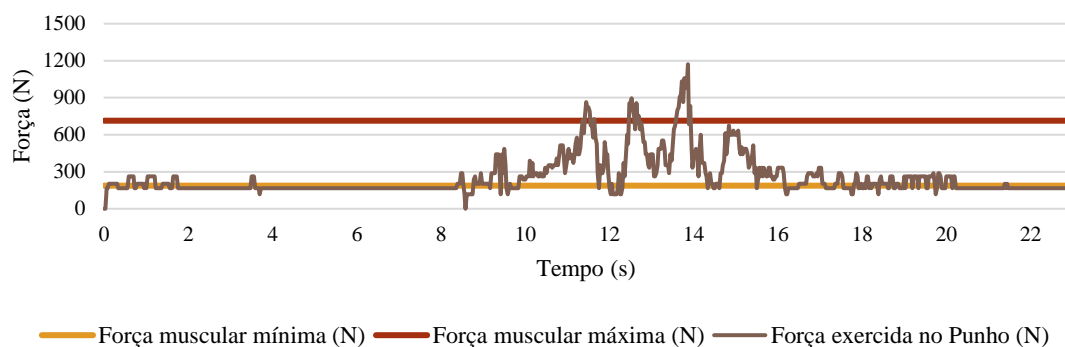


Gráfico 5 – Força aplicada pelo punho esquerdo durante a rotação do tronco com carga de 12 kg na boa pega.

Como seria espectável, as duas movimentações feitas com a carga de 12 kg (gráfico 5) implicam forças muito elevadas, tanto é que aos 11, 13 e 14 segundos do movimento verifica-se a sobreposição com a força muscular máxima admitida. Esses picos referem-se ao deslocamento para a esquerda (11s e 14s) e para direita (13s e 15s), e caso sejam efetuados muitas vezes ao longo do horário laboral, podem provocar problemas graves e irreversíveis no sistema músculo-esquelético.

Na análise da figura 4, constata-se que as forças contemplam o trabalho estático e dinâmico, pois quando há aceleração (\vec{a}) e velocidade (\vec{v}) associadas a uma carga significa que o corpo se move ao longo de uma determinada distância durante um período de tempo. Para o estudo da força exigida para executar a deslocação da carga nesta postura, construiu-se gráficos de vetores de força no punho, onde é possível observar o tipo de movimento que ocorre e a dimensão do movimento realizado com boa qualidade de pega.

Os gráficos de vetores (6, 7 e 8) fazem referência às forças exercidas (\vec{F}) durante o movimento de rotação de tronco sem extensão dos braços com as diferentes massas de carga medido no acelerómetro do punho. É de salientar que foi selecionado para cada carga apenas um movimento, isto é, nos gráficos 6, 7 e 8 é possível ver o início do movimento ($x=0$, $y=0$) e as

deslocações feitas para cada um dos lados. Assim sendo, na carga mais leve (gráfico 6) é visível uma maior aplicação de forças no lado esquerdo, enquanto que na carga intermédia (gráfico 7) acontece exatamente o oposto, pois há uma maior densidade de vetores de força no lado direito. Este facto indica que é mais difícil contrariar o movimento, visto que os sensores encontram-se do lado esquerdo, para ocorrer a movimentação para o lado direito tem que haver mais forças envolvidas. Já na carga mais pesada (gráfico 8), verifica-se melhor o tipo de movimento executado mas as forças exercidas são mais evidentes na posição neutra, ou seja, é necessário mais força para manter a carga de 12 kg estável do que deslocá-la lateralmente.

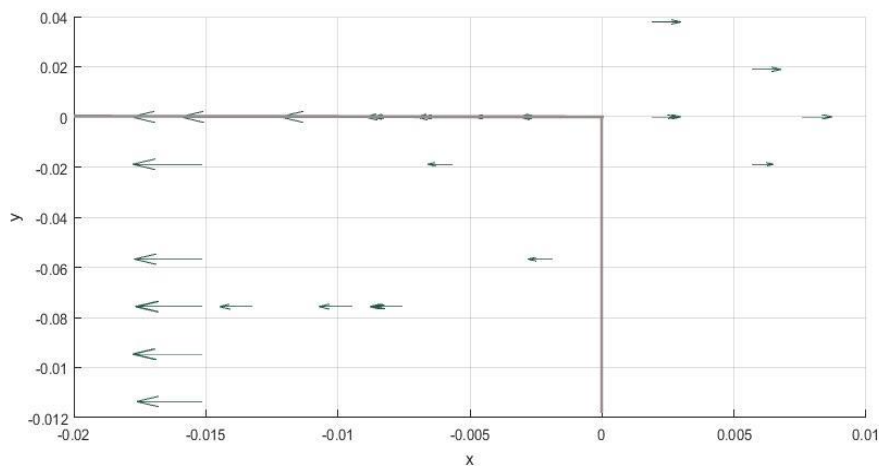


Gráfico 6 – Mapa de vetores de forças aplicadas, em Newton, no punho durante a rotação do tronco da carga de 2 kg com boa pega.

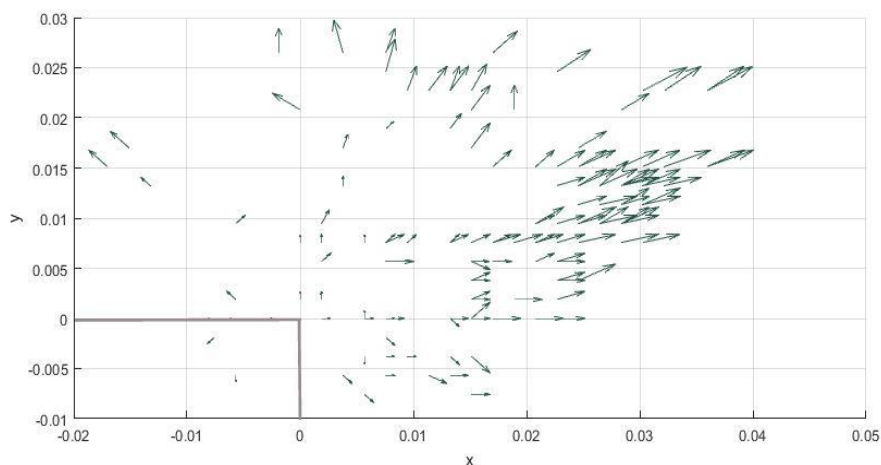


Gráfico 7 – Mapa de vetores de forças aplicadas, em Newton, no punho durante a rotação do tronco da carga de 7 kg com boa pega.

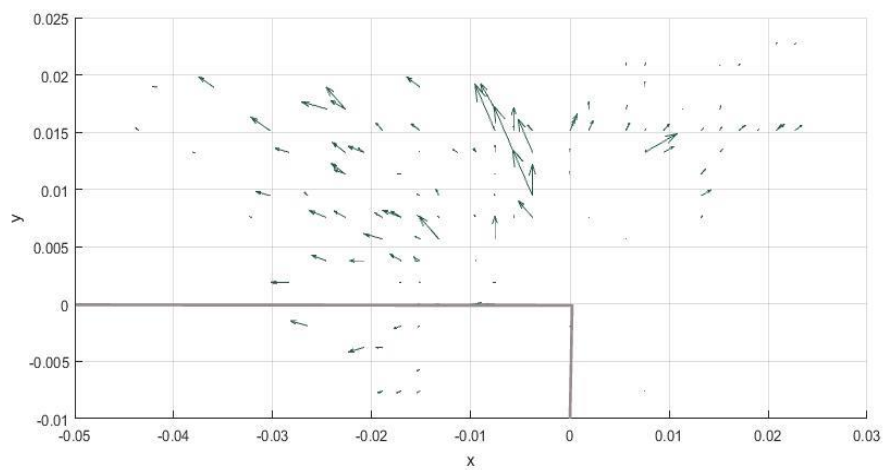


Gráfico 8 – Mapa de vetores de forças aplicadas no punho, em Newton, durante a rotação do tronco da carga de 12 kg com boa pega.

Ainda se tratando da mesma postura, temos aquela que é efetuada apenas com o membro superior esquerdo denominando-se de má pega.

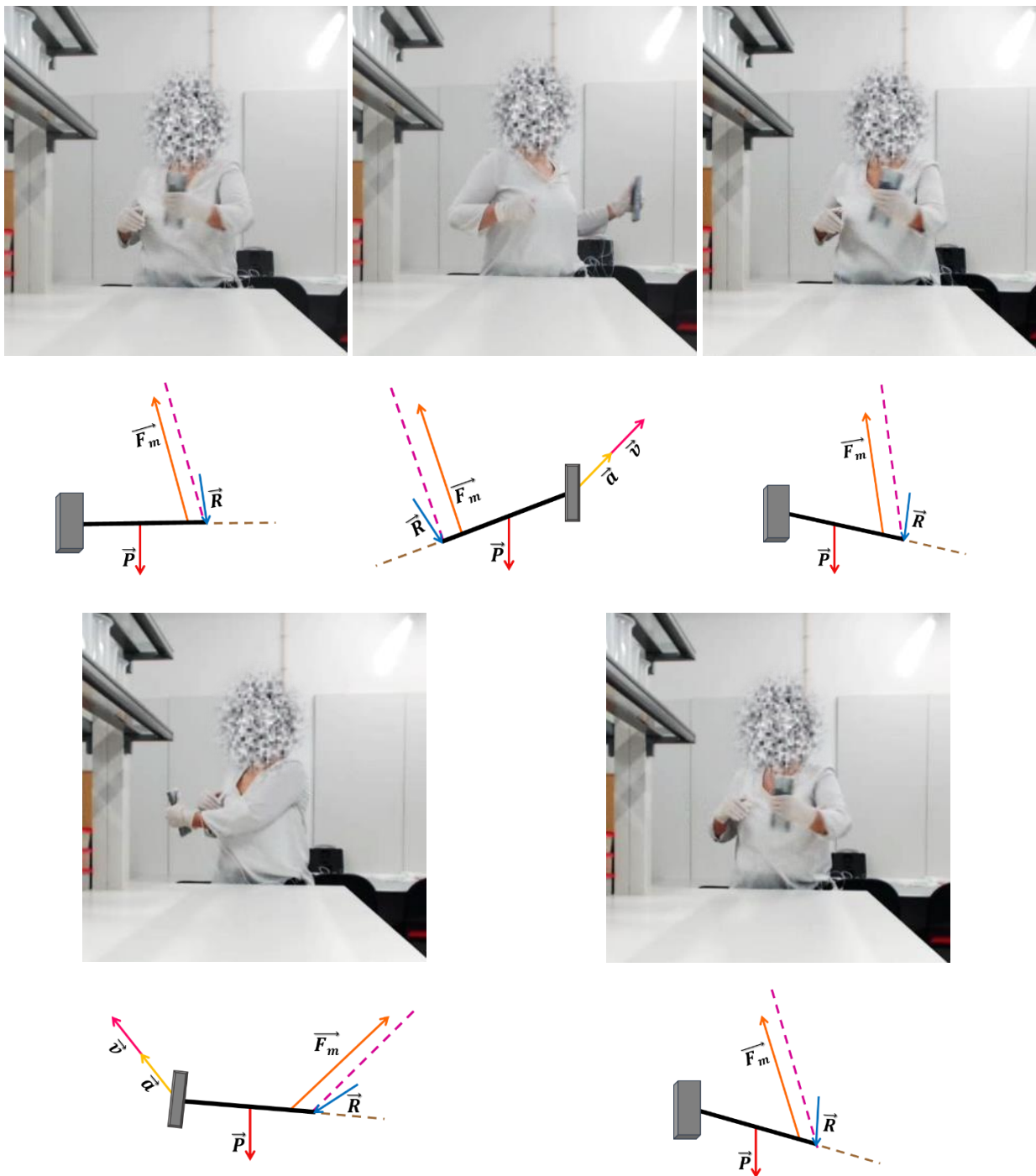


Figura 5 – Rotação do tronco sem extensão de braços e as forças exercidas ao longo do movimento com má pega. (1 – Início do movimento; 2 – Deslocamento para a esquerda; 3 – Posição neutra; 4 – Deslocamento para a direita; 5 – Fim do movimento)

Nas posições 1, 3 e 5 está presente o mesmo movimento que requer o mesmo tipo de energia para realização da tarefa, por isso os músculos que interferem são:

- Flexores do ombro;
- Flexores do cotovelo;

○ Flexores do punho.

No que diz respeito ao deslocamento para o lado esquerdo (posição 2) verifica-se que a força muscular (\overrightarrow{Fm}) é causada pelo deltoide posterior, flexores do cotovelo e do punho, por outro lado, no deslocamento para a direita (posição 4) constata-se a utilização muscular dos flexores do ombro, cotovelo e punho, e também do coracobraquial e a coifa de rotador medial do ombro denominado de infraescapular. Assim sendo, este tipo de pega não difere da anterior e por isso, o esforço muscular exercido implica a utilização do bicepíte, coracobraquial e braquiorradial.

À semelhança da boa pega, este movimento pode ser o motivo principal para o aparecimento de lesões ao nível dos membros superiores. No entanto, só pelo facto de suportar o peso apenas com um braço, esta situação potencia a que as lesões ocorridas sejam mais graves e demorem mais a serem tratadas. Nos resultados da má pega apenas estão representados os gráficos da postura que contempla a carga de 2 kg (gráfico 9 e 11) e 7 kg (gráfico 10 e 12) pois não foi praticável a má pega com a carga de 12 kg devido à capacidade física da amostra estudada e da instabilidade da carga.

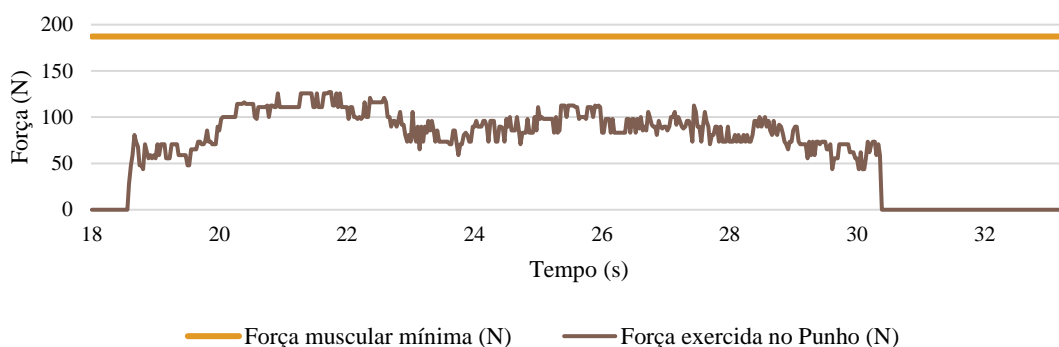


Gráfico 9 – Força aplicada pelo punho esquerdo durante a rotação do tronco com carga de 2 kg na má pega.

Na movimentação da carga de 2 kg com má pega foram realizados quatro deslocamentos, isto é, dois para a esquerda e dois para direita. Através do gráfico 9, é possível ver que os movimentos laterais esquerdos são mais demorados (cerca de 3s) e exigem mais força muscular, sendo que quando se desloca para a direita o membro superior está “embalado” e funciona como se a própria carga fosse atraída pelo peso (\vec{P}) e dessa forma não exerce tanta força ao nível do punho.

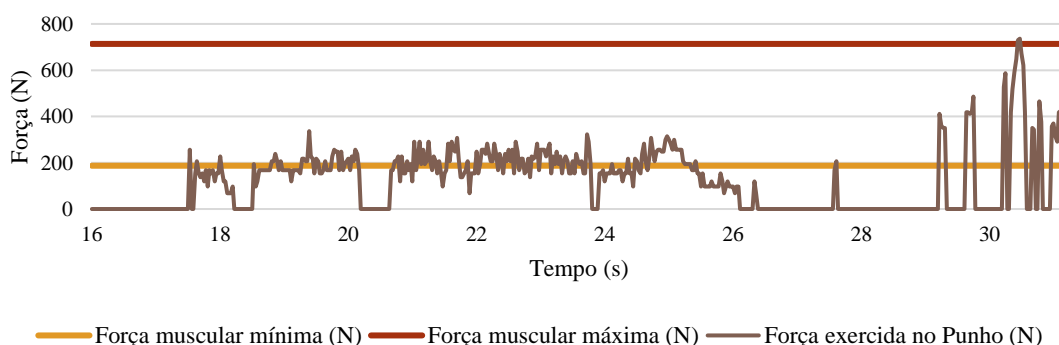


Gráfico 10 – Força aplicada pelo punho esquerdo durante a rotação do tronco com carga de 7 kg na boa pega.

No que diz respeito à movimentação da carga de 7 kg com má pega, é perceptível a execução de dois movimentos compreendidos entre o segundo 17 e 26. Segundo o gráfico 10, não se verifica a uniformidade dos movimentos efetuados, isto é, no primeiro movimento o deslocamento para a direita é mais demorado, por outro lado, no segundo movimento, é no deslocamento para a esquerda que ocorre o movimento mais longo, no entanto, em ambos, é visível a sobreposição à força muscular mínima admitida. Por isso, este facto pode ser explicado visto que o relaxamento do músculo que é realizado entre o fim e o início dos movimentos, não foi feito de igual forma e assim, a contração muscular observada é semelhante nestes dois momentos. Isto significa, que quanto mais repetições executarem da mesma postura, o corpo não vai conseguir reduzir a tensão muscular do músculo e dessa forma, vai estar continuamente contraído o que pode causar lesões graves, como por exemplo, distensões musculares e atrofia musculares.

Nos gráficos é possível analisar o movimento na sua totalidade, isto porque, tanto na carga de 2 kg (gráfico 11) como na de 7 kg (gráfico 12), os vetores de força estão representados em sentidos opostos, o que indica a existência de deslocamento positivo e negativo durante a realização do ensaio. Contudo, é no lado direito que estão representados um maior número de forças justificando assim, que quando se suporta uma carga no sentido contrário (em relação ao braço que mede os valores) é necessário mais energia muscular e física para contrapor a mudança de direção.

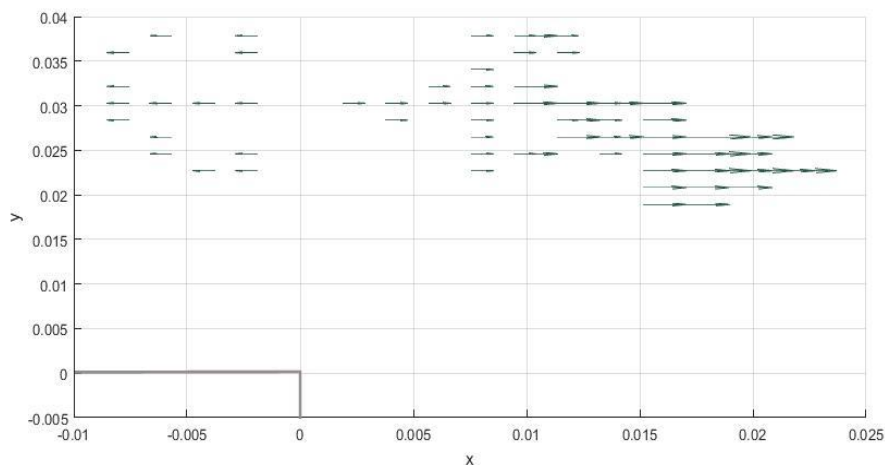


Gráfico 11 – Mapa de vetores de forças aplicadas no punho, em Newton, durante a rotação do tronco da carga de 2 kg com má pega.

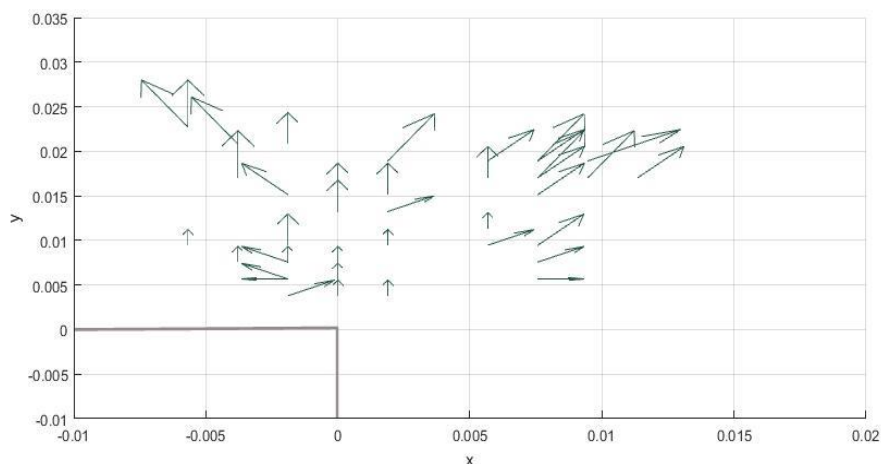


Gráfico 12 – Mapa de vetores de forças aplicadas no punho, em Newton, durante a rotação do tronco da carga de 7 kg com má pega.

De forma a avaliar o movimento executado na sua totalidade independentemente do tipo de pega utilizado, construíram-se gráficos de vetores de aceleração medidos pelos acelerómetros do punho e do cotovelo.

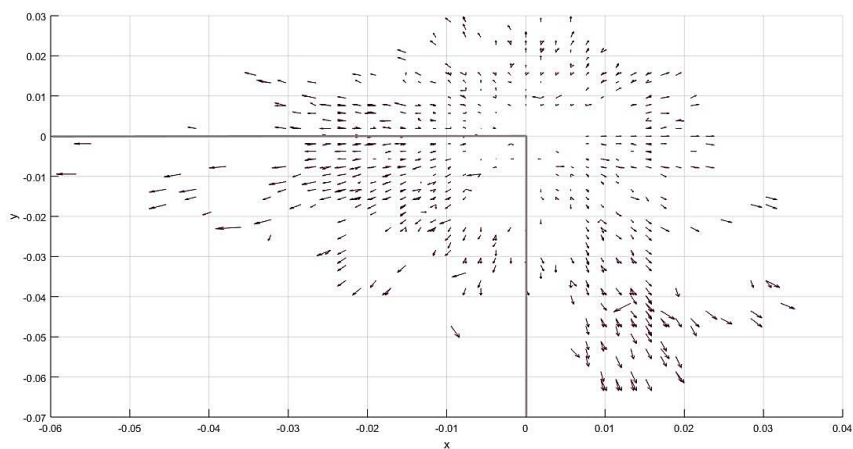


Gráfico 13 – Mapa de vetores das acelerações no cotovelo, em m/s^2 , durante a rotação do tronco da carga de 2 kg.

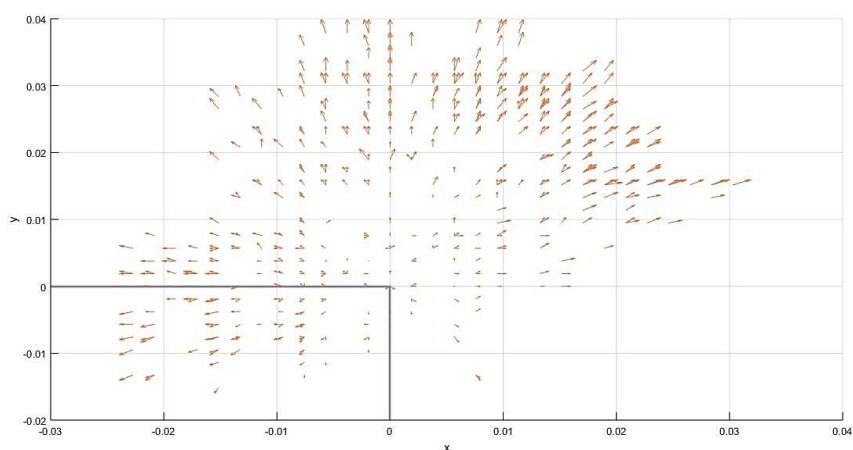


Gráfico 14 – Mapa de vetores das acelerações no punho, em m/s^2 , durante a rotação do tronco da carga de 2 kg.

Na movimentação da carga de 2 kg, as acelerações no deslocamento para a direita são mais evidentes, isto deve-se ao facto dos sensores estarem no membro superior esquerdo e por isso a aceleração é maior porque é necessário mover a carga para o lado oposto. É também possível observar que não existe diferenças significativas entre o cotovelo e o punho, mostrando assim que ambos estiveram sujeitas ao mesmo tipo de movimento.

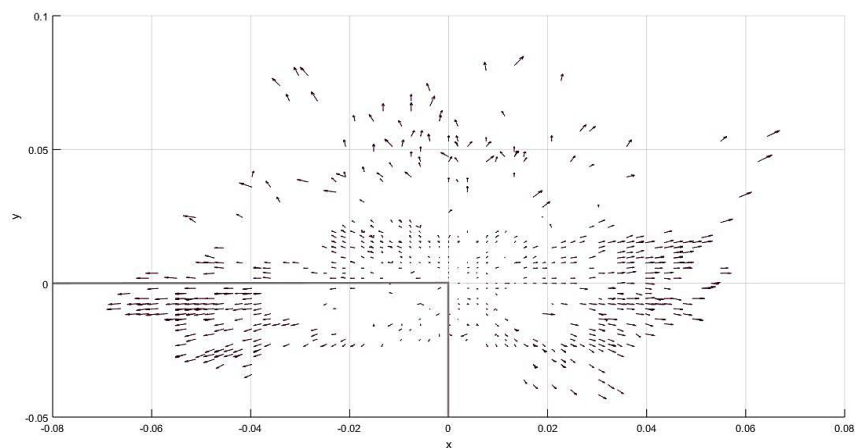


Gráfico 15 – Mapa de vetores das acelerações no cotovelo, em m/s^2 , durante a rotação do tronco da carga de 7 kg.

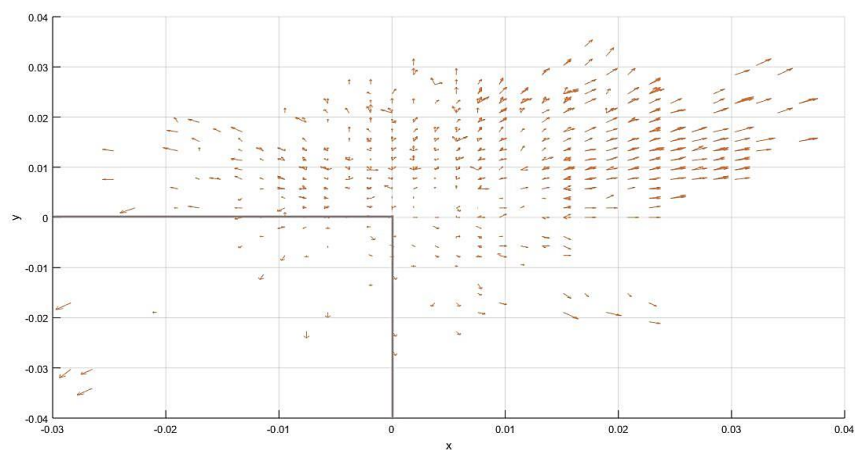


Gráfico 16 – Mapa de vetores das acelerações no punho, em m/s^2 , durante a rotação do tronco da carga de 7 kg.

No que diz respeito à carga intermédia de 7 kg, o movimento executado nesta postura é totalmente visível no gráfico 15. É também perceptível nesse gráfico, que o cotovelo reage ao tipo de movimento e de carga de forma a contrapor a força aplicada sobre o mesmo, isto é, quanto maior for a carga e a amplitude da movimentação, mais o cotovelo se “protege” para evitar movimentos bruscos. Isto porque, sendo um dos principais responsáveis pela sustentação e deslocação da carga, o sistema músculo-esquelético que atua sobre ele sofre mais contração e por isso o movimento torna-se mais controlado. Em relação ao punho (gráfico 16), verifica-se novamente que a aceleração do deslocamento lateral direito é maior porque esta aumenta consoante a distância que a carga percorre.

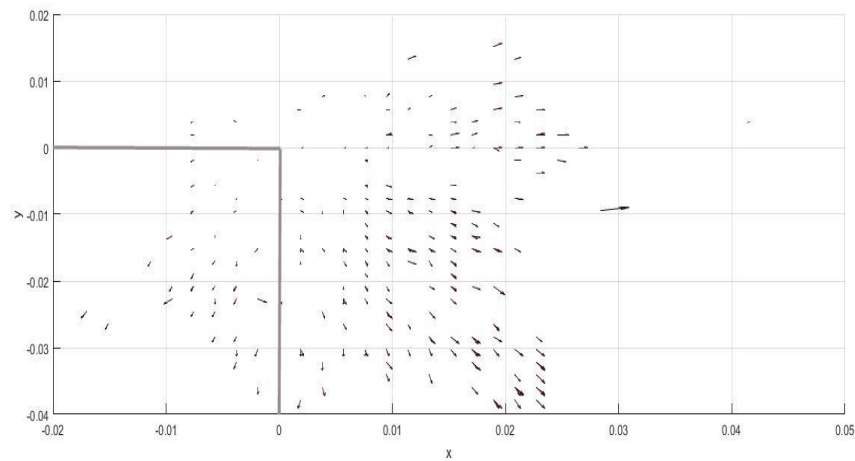


Gráfico 17 – Mapa de vetores das acelerações no cotovelo, em m/s^2 , durante a rotação do tronco da carga de 12 kg.

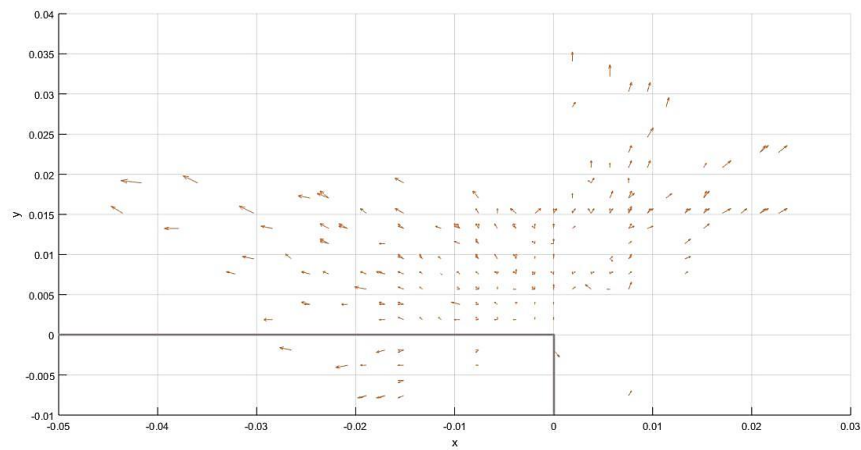


Gráfico 18 – Mapa de vetores das acelerações no punho, em m/s^2 , durante a rotação do tronco da carga de 12 kg.

Na movimentação da carga mais pesada observa-se que a aceleração no cotovelo (gráfico 17) é maior no lado direito logo quando a carga se desloca para o lado esquerdo a amplitude dos vetores é menor, visto que o movimento lateral direito implica o membro superior esquerdo apresente maior contração muscular para suportar a carga de 12 kg. Enquanto que no punho (gráfico 18), também é necessário mais aceleração para o deslocamento lateral direito porque se trata de uma deslocação maior.

Como referido anteriormente, este movimento foi efetuado com as diferentes cargas disponíveis nos ensaios, tendo sido obtidos dados diferentes pelos sensores e, por consequência, também se observou uma pontuação diferente na avaliação segundo o método do RULA (Anexo II). É de ressaltar que apenas o peso da carga modifica as pontuações do método, pois este método não contempla a qualidade da pega e desta forma a pontuação será igual no mesmo movimento independentemente da pega efetuada.

Ao contrário do RULA, o método REBA (Anexo III) utiliza a qualidade da pega para o cálculo da pontuação. Assim sendo, verifica-se que a pontuação obtida assemelha-se mais à realidade, pois apesar de se tratar de uma postura de movimentação manual de cargas em meio laboral, esta não é das mais preocupantes aquando da observação de um posto de trabalho. Porém,

em jeito de comparação com o RULA, nota-se que a carga mais pesada demonstra um risco mais baixo, o que neste caso não é de todo verdade, visto que, quando se efetua este movimento a instabilidade da carga é suficientemente perigosa e pode causar lesões graves não só ao nível dos membros superiores mas também pode meter em risco outras partes do corpo, como por exemplo, se o trabalhador deixar cair a carga.

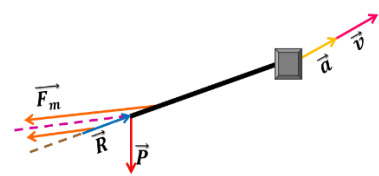
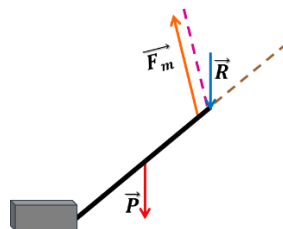
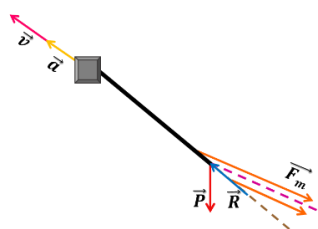
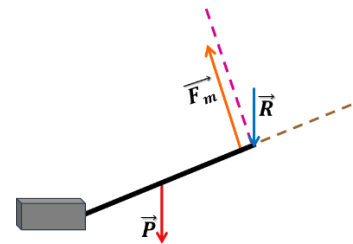
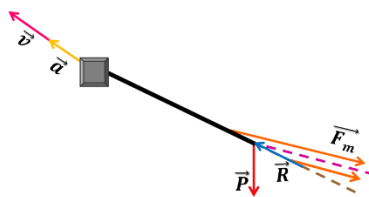
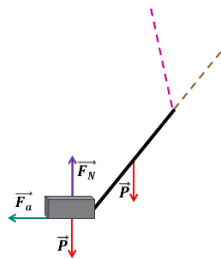
Tabela 7 – Análise Ergonómica da rotação do tronco segundo o método do RULA e do REBA (boa pega / má pega).

	RULA	REBA	
0 a 2 kg	6	4	4
5 a 10 Kg	6	5	5
Superior a 10 kg	7	5	ND

Portanto, juntando a análise biomecânica e fisiológica com a ergonómica, é possível perceber que as pontuações atribuídas pelo RULA e REBA (tabela 7) não são compatíveis com os gráficos obtidos através dos sensores de força e aceleração. Na verdade, ambas as análises atribuem um risco considerável à postura em questão, no entanto, os atributos biomecânicos estudados indicam que em cargas mais leves a amplitude e velocidade do movimento aumenta e consequentemente, o aparecimento de lesões é mais imprevisível visto que o esforço muscular efetuado é mais descuidado. Por outro lado, quando se trata de cargas mais pesadas, a movimentação manual de cargas é mais controlado e por isso, as forças e acelerações variam de forma constante ao longo do movimento e a localização anatómica das lesões é mais previsível. Contudo, se a estas cargas estiverem associadas a um tempo de exposição elevado, o risco de ocorrência de LMERT aumenta exponencialmente.

6.2. Postura - Prateleira a dois níveis com rotação

O movimento de prateleira a dois níveis com rotação é a postura mais observável em postos de trabalho com movimentação manual de cargas, isto porque, engloba tanto a disposição de carga a vários níveis como também a rotação do tronco a que um trabalhador está sujeito neste tipo de tarefas. É de salientar que o primeiro nível corresponde à disposição da carga mais confortável enquanto que o segundo faz referência à altura máxima que a amostra consegue atingir.



(1 – Início do movimento; 2 – Deslocamento para a direita (1º nível); 3 – Posição neutra; 4 – Deslocamento para a direita (2º nível); 5 – Posição neutra; 6 – Deslocamento para a esquerda (1º nível); 7 – Posição neutra; 8 – Deslocamento para a esquerda (2º nível); 9 – Fim do movimento)

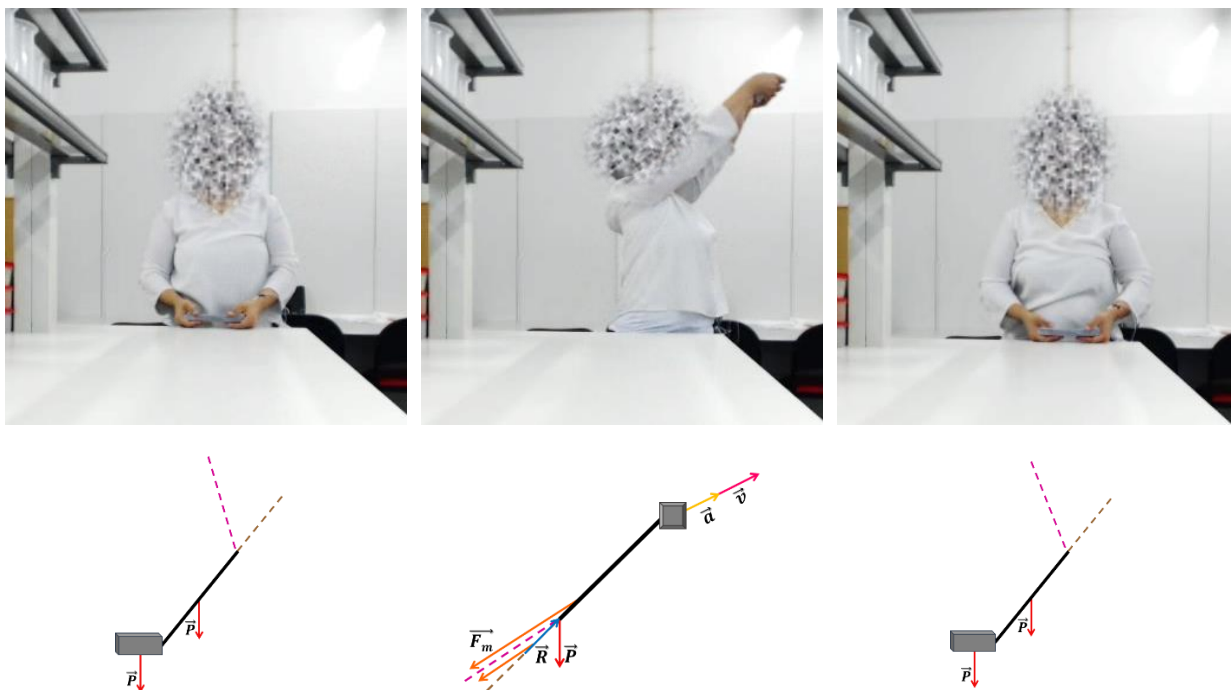


Figura 6 – Simulação do exercício de “prateleira” a dois níveis com rotação do tronco com boa pega.
 (1 – Início do movimento; 2 – Deslocamento para a direita (1º nível); 3 – Posição neutra; 4 – Deslocamento para a direita (2º nível); 5 – Posição neutra; 6 – Deslocamento para a esquerda (1º nível); 7 – Posição neutra; 8 – Deslocamento para a esquerda (2º nível); 9 – Fim do movimento)

Nas posições do início e fim do movimento (1 e 9) e também na posição 7 está presente o estado de relaxamento muscular dos membros superiores, sendo que nestas situações os músculos não efetuam nenhum tipo de contração. Já nas restantes posições neutras (3 e 5), a contração muscular é feita apenas pelos flexores do ombro, cotovelo e punho.

Quando se trata da movimentação da carga para o lado direito (posições 2 e 4) e para o lado esquerdo (posições 6 e 8), o esforço muscular é realizado por:

- Flexores do ombro;
- Flexores e extensores do cotovelo;
- Flexores do punho.

Assim, na figura 6 é possível constatar que a força muscular exercida no cotovelo apresenta dois vetores sendo que um faz referência aos flexores (bicípite e braquiorradial) e o outro ao extensor (tricípite). É de salientar que, segundo a constituição do sistema muscular superior (tabela 4) existem mais flexores e extensores no cotovelo, no entanto, o cálculo da força muscular apenas faz uso dos valores dos músculos referidos e à semelhança da postura anterior, considera-se apenas a utilização do membro superior esquerdo.

Tabela 8 – ASTF dos músculos funcionais no exercício de “prateleira” a dois níveis com rotação do tronco.

Músculo	ASTF (cm ²)
Bicípite	5,1
Braquiorradial	1,2
Tricípite	14,9
Total	21,2

No que diz respeito à força muscular exercida por este grupo de músculos verifica-se que o trícipite confere uma maior estabilidade ao movimento, isto é, quanto maior for a área de secção transversal fisiológica (tabela 8) mais fácil é a contração muscular e por consequência, a força muscular será mais elevada, como demonstrado na tabela 9.

Tabela 9 – Força muscular calculada para o exercício de “prateleira” a dois níveis com rotação do tronco, em Newton.

Força muscular mínima (N)	Força muscular específica (N)	Força muscular máxima (N)
339,2	636	1293,2

A postura realizada em meio laboratorial baseou-se na execução de vários movimentos iguais ao longo de determinado tempo. Nos gráficos 19, 20 e 21 estão visíveis as repetições do movimento associadas às forças exercidas no punho esquerdo, sendo que esta postura difere da anterior porque implica o impulso da carga que simula a colocação da carga em dois níveis diferentes.

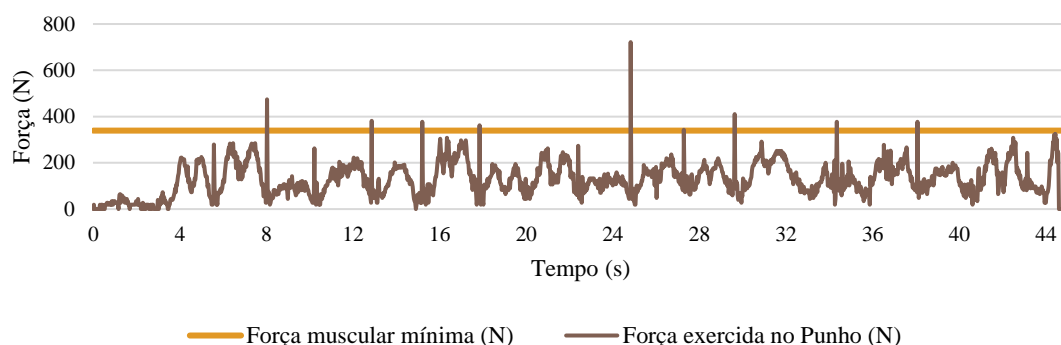


Gráfico 19 – Força aplicada pelo punho esquerdo durante o exercício de “prateleira” com carga de 2 kg na boa pega.

No exercício da carga mais leve com boa pega foram realizados quatro movimentos completos, ou seja, um movimento completo corresponde ao exercício mostrado na figura 6. Neste caso, a força aplicada no punho atinge os maiores valores no momento do impulso, isto porque, no gráfico 19 são visíveis picos superiores à força muscular mínima admitida, e até no segundo 25, este valor sobrepõe-se à força muscular específica. Dessa forma, é justificável a necessidade de exercer mais contração muscular no momento anterior à disposição da carga.

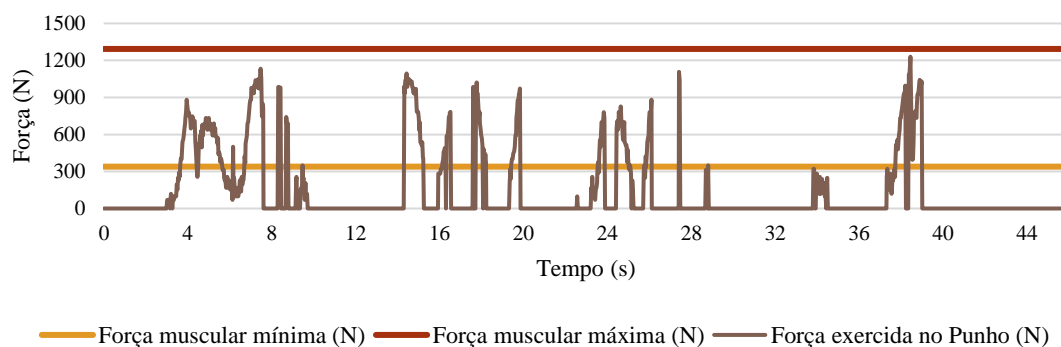


Gráfico 20 – Força aplicada pelo punho esquerdo durante o exercício de “prateleira” com carga de 7 kg na boa pega.

No que diz respeito à carga intermédia foram realizados três movimentações completas que implicam forças na ordem dos 1000 N. Este facto indica que o esforço muscular necessário para a MMC entre os 5 e 10 kg é bastante mais elevado do que quando se trata de cargas mais leves, isto porque, quanto mais pesada for maior será o impulso. Logo a extensão de braços é mais exigente e nestes casos o corpo tende a ceder ao peso da carga, tornando o corpo inteiro instável pois este pende consoante o sentido do deslocamento da carga. Assim, as lesões provenientes deste tipo de movimentos podem não só afetar gravemente os membros superiores como também outras áreas do corpo que não estão diretamente relacionadas.

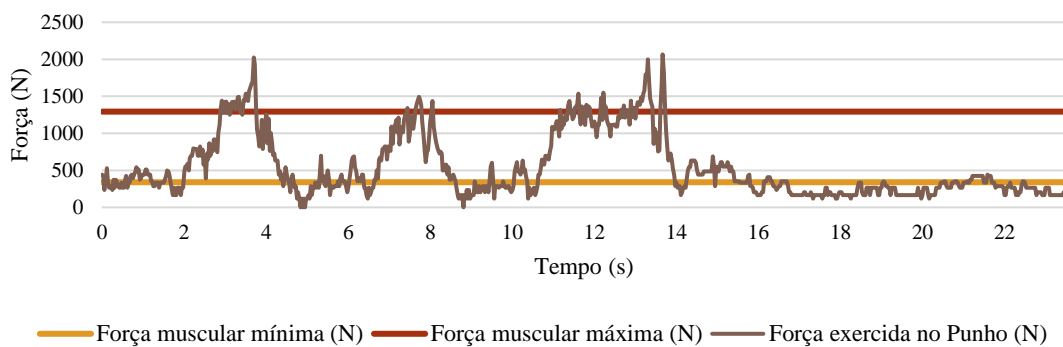


Gráfico 21 – Força aplicada pelo punho esquerdo durante o exercício de “prateleira” com carga de 12 kg na boa pega.

À semelhança do que ocorre no caso anterior, a simulação do exercício de “prateleira” com a carga mais pesada apresenta um esforço muscular muito acima do recomendado, tanto é que os impulsos realizados com esta carga exigem forças superiores à força muscular máxima admitida para este grupo de músculos. Devido à dificuldade de execução deste movimento, é visível no gráfico 20 que foi realizado apenas uma movimentação e que esta não foi completa, visto que não foi possível efetuar a colocação da carga no segundo nível do lado esquerdo (posição 8). Por isso, a realização destas movimentações com cargas tão elevadas aumenta consideravelmente o risco de aparecimento de lesões, e até mesmo a ocorrência de acidentes de trabalho graves que condicionem a integridade física de um trabalhador.

Com o intuito de analisar o movimento realizado no punho do membro superior esquerdo, os gráficos de vetores demonstram as forças exercidas na boa pega durante a simulação do exercício de prateleiras a dois níveis com rotação do tronco. Assim sendo, no gráfico 22 é visível a diferença da dimensão dos vetores de força no primeiro e segundo nível, pois no primeiro nível os vetores estão mais recuados, enquanto que no segundo nível eles prolongam-se mais. Este facto não é tão evidente nas restantes cargas, no entanto na carga intermédia (gráfico 23) o impulso realizado no segundo nível requer um maior número de forças e consequentemente, uma maior contração muscular o que corrobora com os dados obtidos no gráfico 20. Por outro lado, na carga mais pesada (gráfico 24) existe uma maior dispersão de vetores de força, indicando assim que o movimento foi realizado mais descontroladamente, ou seja, como foi referido anteriormente, o corpo acabou por ceder ao deslocamento da carga e assim a dimensão das forças é menor pois como o corpo pende para um determinado lado, as forças vão se distribuir por mais zonas do corpo.

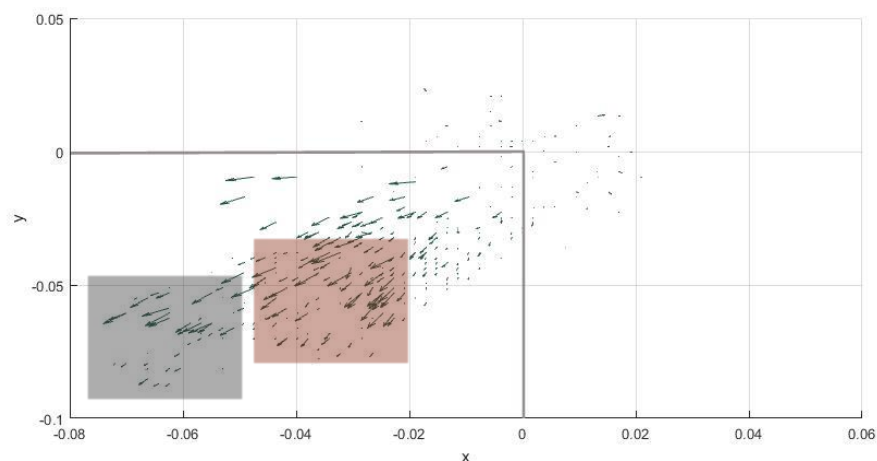


Gráfico 22 – Mapa de vetores de forças aplicadas no punho, em Newton, durante o exercício de “prateleira” da carga de 2 kg com boa pega.
(Sombreado vermelho – Disposição da carga no 1º nível; Sombreado cinzento – Disposição da carga no 2º nível)

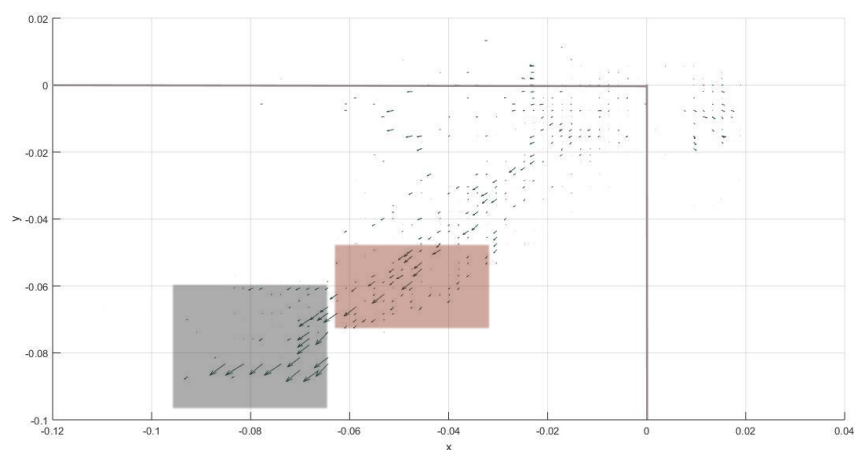


Gráfico 23 – Mapa de vetores de forças aplicadas no punho, em Newton, durante o exercício de “prateleira” da carga de 7 kg com boa pega.

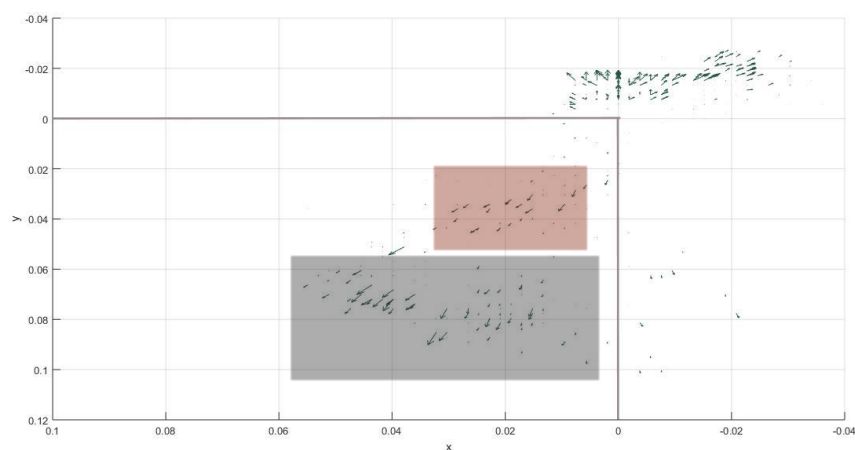
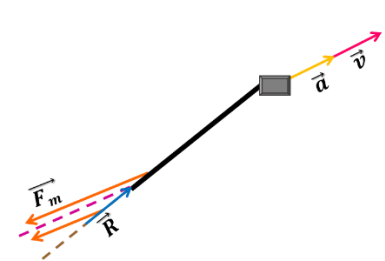
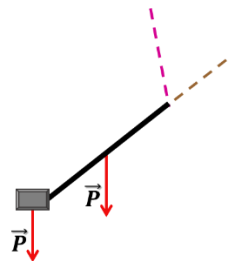
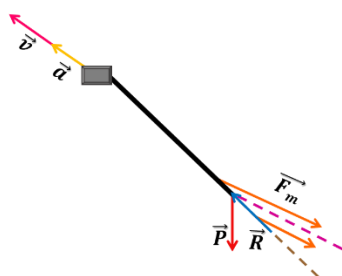
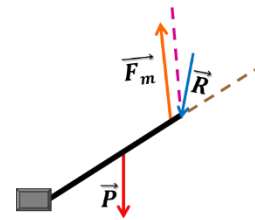
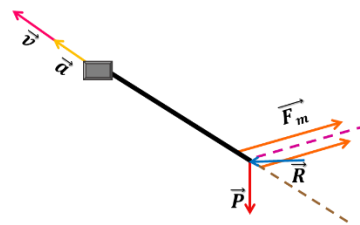
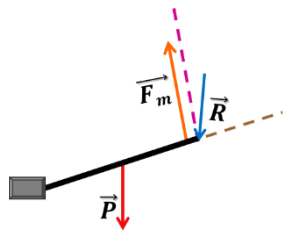


Gráfico 24 – Mapa de vetores de forças aplicadas no punho, em Newton, durante o exercício de “prateleira” da carga de 12 kg com boa pega.

O exercício de simulação de “prateleira” também contemplou a má pega, pois muitas vezes por facilidade ou falta de tempo o trabalhador acaba por movimentar uma carga apenas com uma mão.



(1 – Início do movimento; 2 – Deslocamento para a direita (1º nível); 3 – Posição neutra; 4 – Deslocamento para a direita (2º nível); 5 – Posição neutra; 6 – Deslocamento para a esquerda (1º nível); 7 – Posição neutra; 8 – Deslocamento para a esquerda (2º nível); 9 – Fim do movimento)

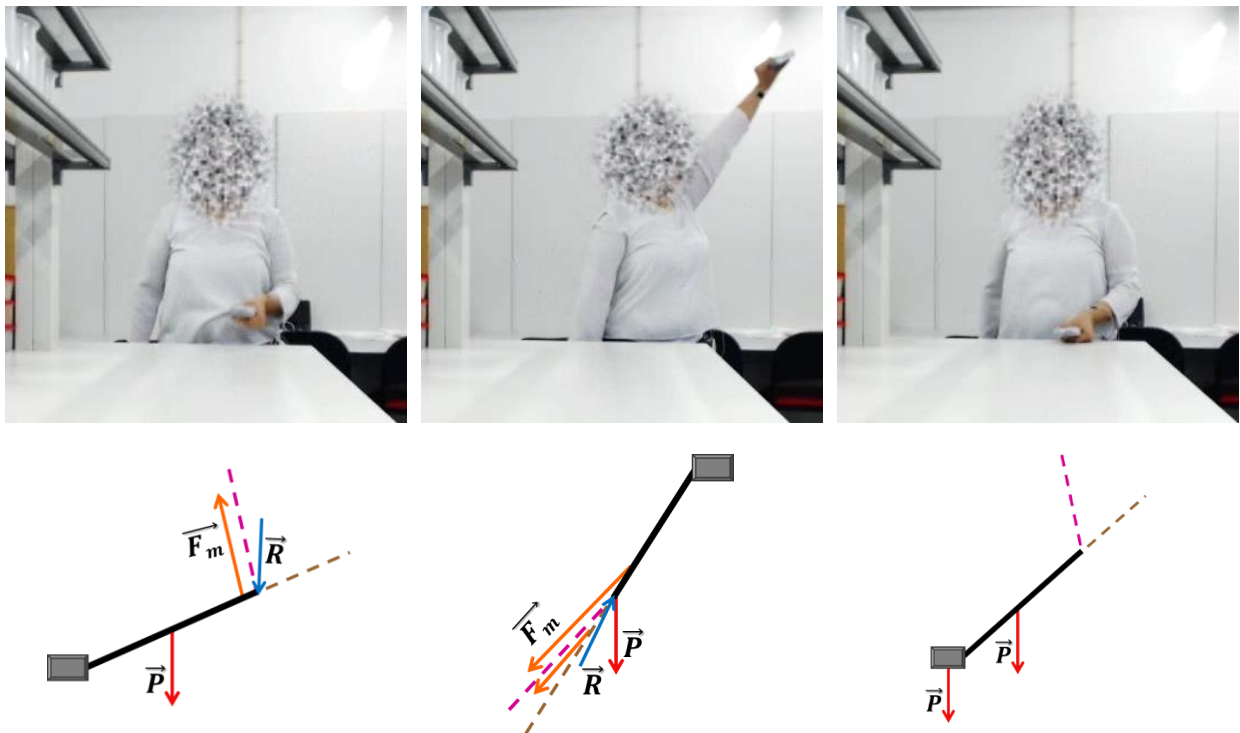


Figura 7 – Simulação do exercício de “prateleira” a dois níveis com rotação do tronco com má pega.
 (1 – Início do movimento; 2 – Deslocamento para a direita (1º nível); 3 – Posição neutra; 4 – Deslocamento para a direita (2º nível); 5 – Posição neutra; 6 – Deslocamento para a esquerda (1º nível); 7 – Posição neutra; 8 – Deslocamento para a esquerda (2º nível); 9 – Fim do movimento)

As posições 1, 3 e 7 são semelhantes em relação aos músculos necessários para a realização do movimento, sendo eles os flexores do ombro, cotovelo e punho. Já na posição 5 e no fim do movimento (9) os músculos não se manifestam e encontram-se em relaxamento.

No entanto, é nas posições 2, 4, 6 e 8 que o esforço muscular exercido nesta postura é mais evidenciado pois trata-se dos deslocamentos laterais com a carga, e por isso, os músculos envolvidos nesta movimentação são:

- Flexores do ombro;
- Flexores e extensores do cotovelo;
- Flexores do punho.

O facto de executar esta tarefa complexa e dinâmica apenas com um membro representa um risco mais elevado no que diz respeito ao aparecimento de lesões. Assim sendo, foram realizadas menos repetições com a má pega e por isso, os resultados obtidos carecem de alguma objetividade visto que o tempo de exposição é um dos fatores que condiciona a capacidade física de um trabalhador. É de salientar que não foi possível recolher dados da má pega com a carga de 12 kg devido à dificuldade da amostra em executar o movimento.

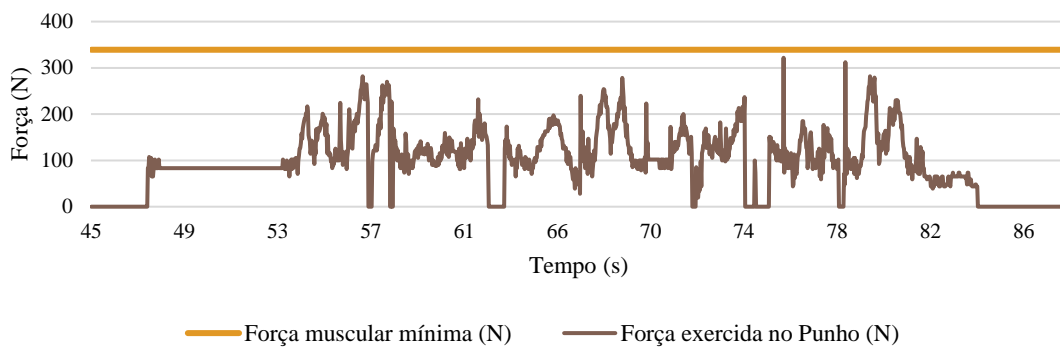


Gráfico 25 – Força aplicada pelo punho esquerdo durante o exercício de “prateleira” com carga de 2 kg na má pega.

Na movimentação da carga de 2 kg com má pega foram feitos três movimentos completos, sendo que a força exercida no punho esquerdo não ultrapassa a força muscular mínima admitida. Contudo, é visível no gráfico 25 que a força do impulso aumenta à medida que o movimento é executado, indiciando assim que quanto maior for o tempo de exposição de um trabalhador mais desgaste muscular ele vai apresentar e por consequência, o aparecimento de lesões acontecerá mais frequentemente.

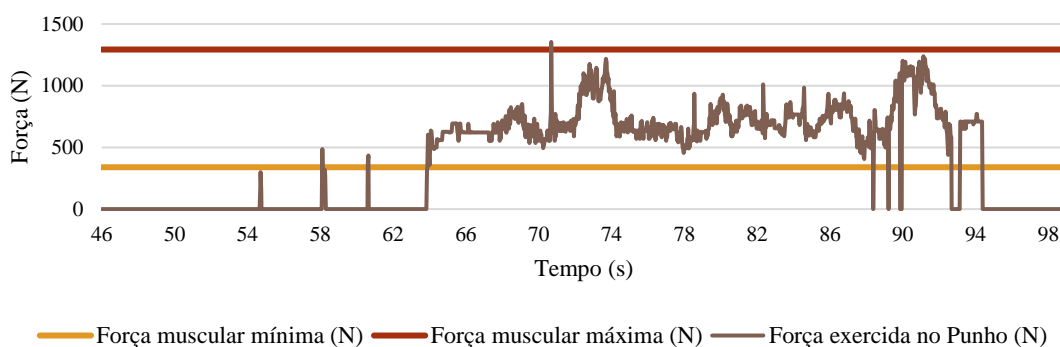


Gráfico 26 – Força aplicada pelo punho esquerdo durante o exercício de “prateleira” com carga de 7 kg na má pega.

No que diz respeito ao exercício de “prateleira” na carga de 7 kg com a má pega é perceptível a realização de um movimento completo com início nos 64 segundos e fim nos 88. As forças aplicadas durante esta movimentação são todas superiores à força muscular mínima e até num dos impulsos (71s) é maior do que a máxima admitida. Assim sendo, a realização deste tipo de tarefas deve ser bastante controlada e nalguns casos proibida, ou então os trabalhadores que as executam devem ser aqueles que têm maior capacidade física, porque o desgaste muscular representado neste caso é extremo e apresenta sérios riscos para um trabalhador.

Os gráficos seguintes (27 e 28) estão representadas as forças aplicadas no punho esquerdo durante a realização de um movimento de má pega com as diferentes cargas, sendo que, no primeiro é clara a deslocação da carga nos dois níveis, no entanto a existência de uma maior concentração de vetores no segundo nível indica que é necessário mais esforço para a realização do mesmo. Enquanto que no gráfico da carga intermédia (28) os níveis estão separados, indiciando assim que a altura entre os dois patamares foi superior à carga mais leve, e por isso este facto também pode ser comprovado pela amplitude do movimento que é superior na carga de 7 kg.

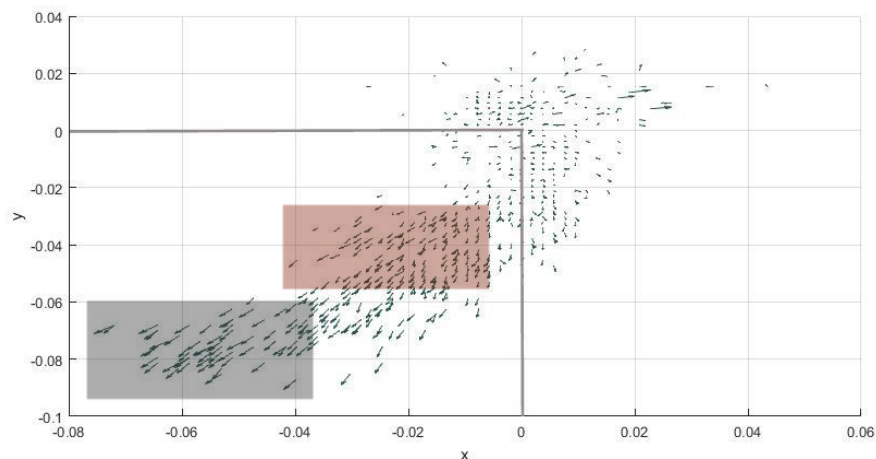


Gráfico 27 – Mapa de vetores de forças aplicadas no punho, em Newton, durante o exercício de “prateleira” da carga de 2 kg com má pega.

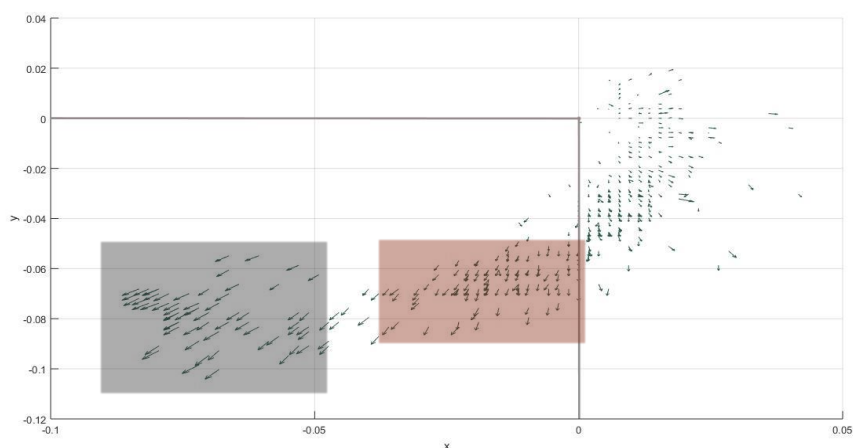


Gráfico 28 – Mapa de vetores de forças aplicadas no punho, em Newton, durante o exercício de “prateleira” da carga de 7 kg com má pega.

A elaboração de gráficos de vetores de aceleração serviu para analisar o movimento total realizado pelo cotovelo e punho esquerdo não fazendo diferença entre a boa e má pega. Sendo que, ao contrário da postura de rotação de tronco, este movimento caracteriza-se pela disposição da carga a duas alturas diferentes e por isso, nos gráficos em três dimensões é mais perceptível a simulação do exercício de “prateleira”.

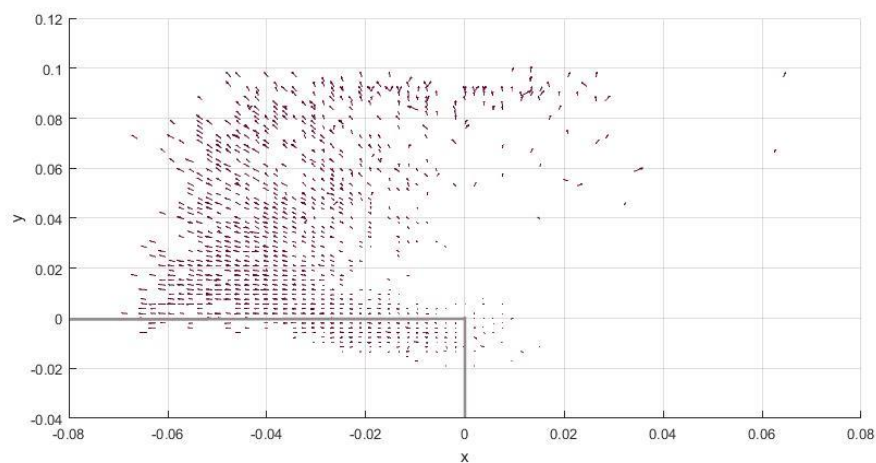


Gráfico 29 – Mapa de vetores das acelerações no cotovelo, em m/s^2 , durante o exercício de “prateleira” da carga de 2 kg.

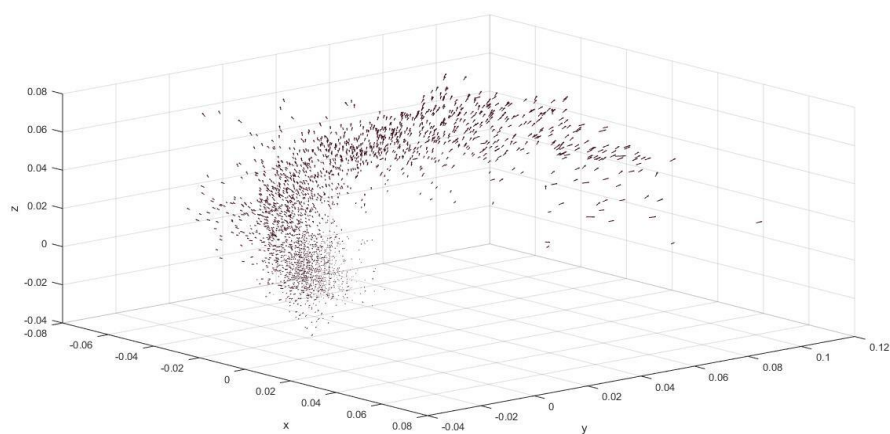


Gráfico 30 – Mapa 3D de vetores das acelerações no cotovelo, em m/s^2 , durante o exercício de “prateleira” da carga de 2 kg.

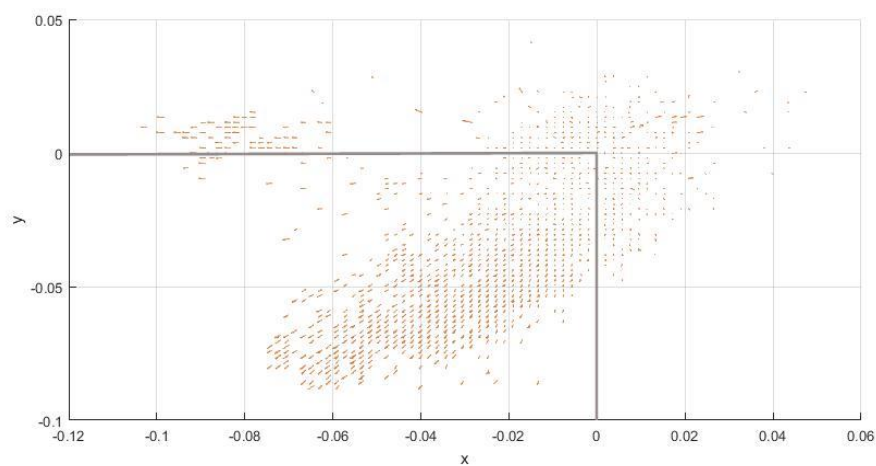


Gráfico 31 – Mapa de vetores das acelerações no punho, em m/s^2 , durante o exercício de “prateleira” da carga de 2 kg.

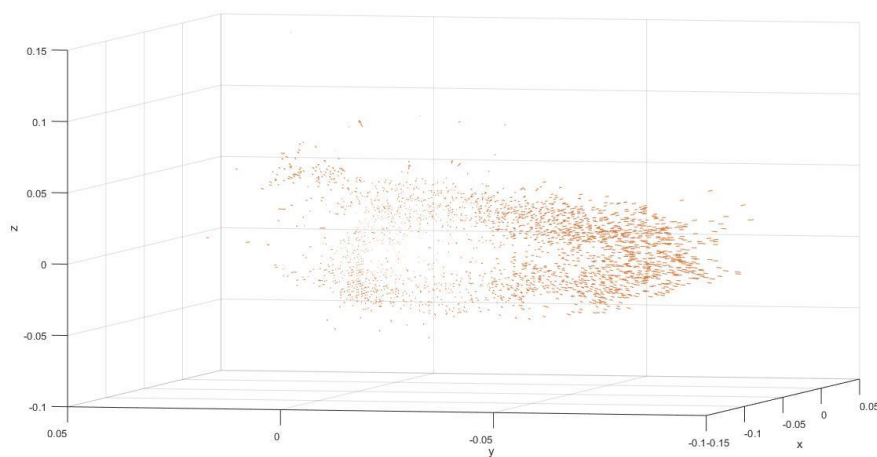


Gráfico 32 – Mapa 3D de vetores das acelerações no punho, em m/s^2 , durante o exercício de “prateleira” da carga de 2 kg.

No movimento da carga de 2 kg, as acelerações no cotovelo são mais evidentes no primeiro nível do que no segundo, por outro lado, no punho ocorre exatamente o contrário. A razão pela qual isto acontece baseia-se no tipo de movimento executado, isto é, enquanto que no cotovelo (gráficos 29 e 30) é mais notória as acelerações provenientes dos deslocamentos laterais e consequentes elevações da carga, no punho (gráficos 31 e 32) é o impulso que confere dimensão às acelerações representadas. É de salientar que neste movimento o cotovelo apresenta uma maior manifestação de acelerações, visto que, devido à disposição das cargas a duas alturas distintas, ele sofre a extensão total do braço e por isso é mais representativo neste segmento corporal.

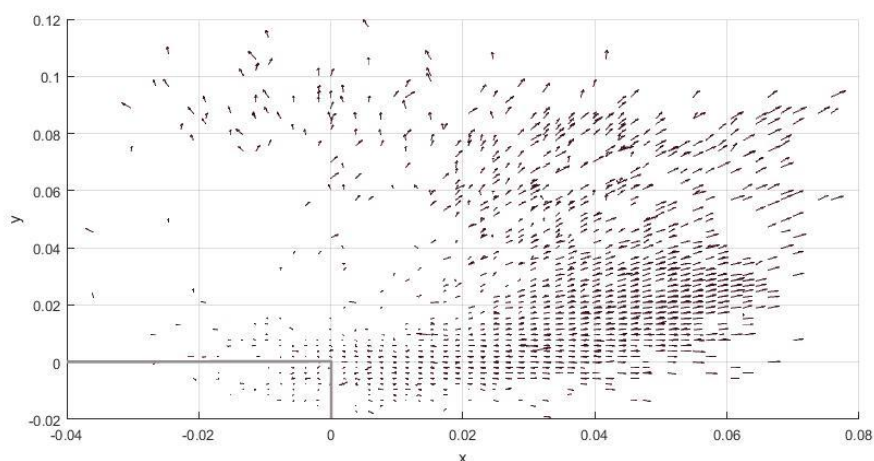


Gráfico 33 – Mapa de vetores das acelerações no cotovelo, em m/s^2 , durante o exercício de “prateleira” da carga de 7 kg.

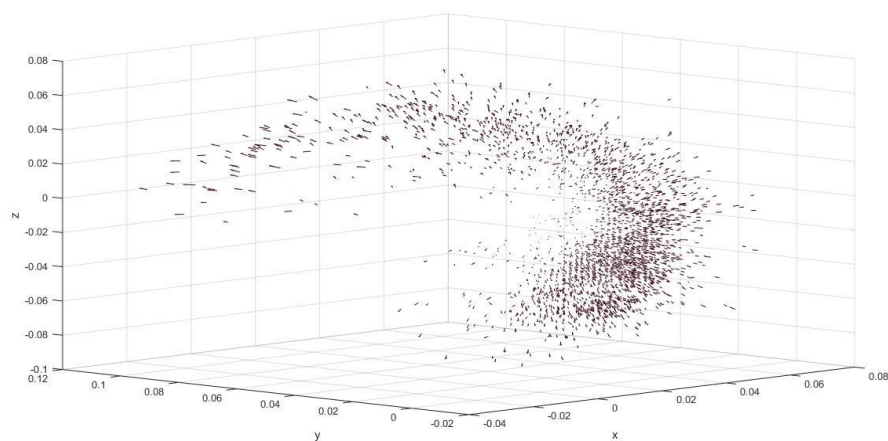


Gráfico 34 – Mapa 3D de vetores das acelerações no cotovelo, em m/s^2 , durante o exercício de “prateleira” da carga de 7 kg.

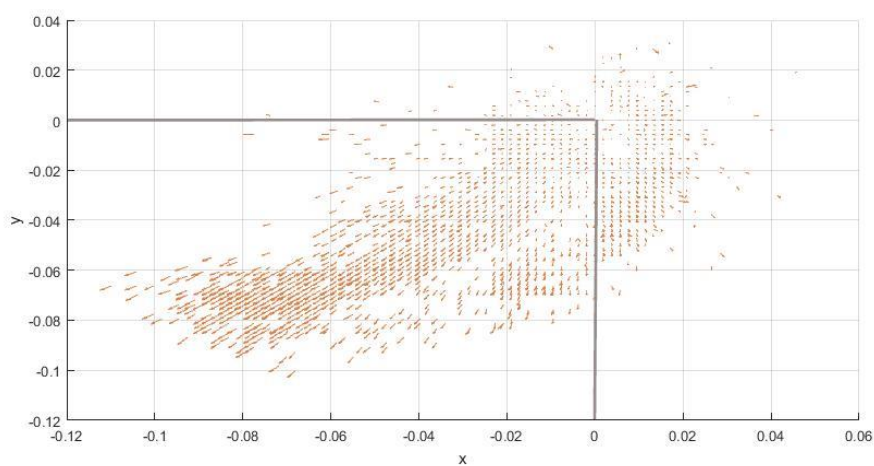


Gráfico 35 – Mapa de vetores das acelerações no punho, em m/s^2 , durante o exercício de “prateleira” da carga de 7 kg.

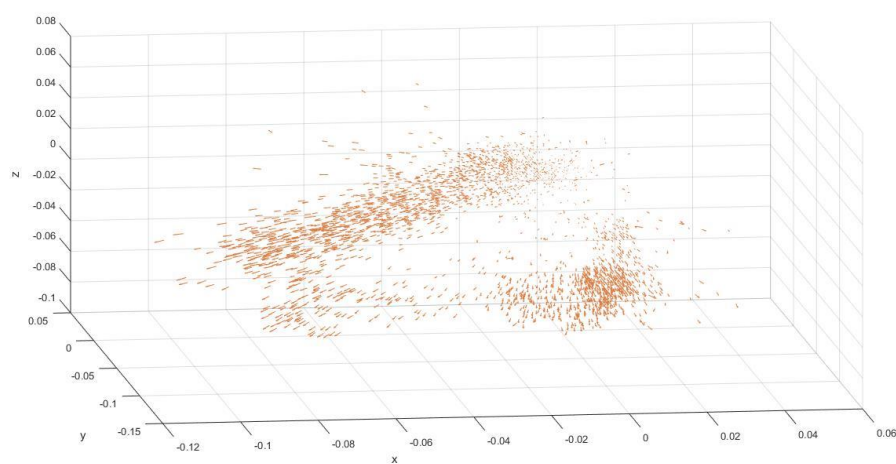


Gráfico 36 – Mapa 3D de vetores das acelerações no punho, em m/s^2 , durante o exercício de “prateleira” da carga de 7 kg.

As acelerações associadas à carga intermédia apresentam mais dimensão do que na carga de 2 kg, isto porque para ser possível movimentá-la a velocidade exercida deve ser maior, ou seja, a velocidade e aceleração de um movimento é diretamente proporcional ao aumento da massa da carga suportada. Assim, à semelhança do que acontece na carga mais leve, as acelerações existentes no cotovelo (gráfico 33 e 34) estão definidas sob forma de um arco que representa a elevação e extensão do braço, enquanto que no punho (gráfico 35 e 36) constata-se uma aceleração mais elevada no deslocamento referente à altura mais alta, sendo justificável que quanto maior for a elevação, mais esforço muscular é necessário para a extensão de braço e por consequência o impulso provocado é representado pelo um maior número de vetores de aceleração.

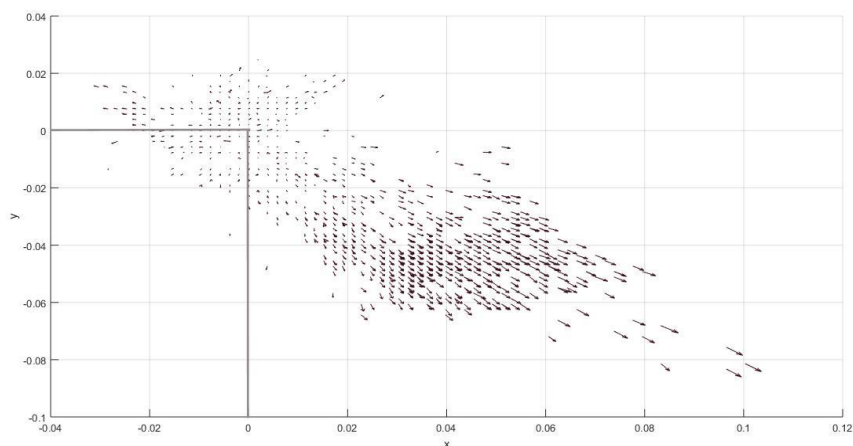


Gráfico 37 – Mapa de vetores das acelerações no cotovelo, em m/s^2 , durante o exercício de “prateleira” da carga de 12 kg.

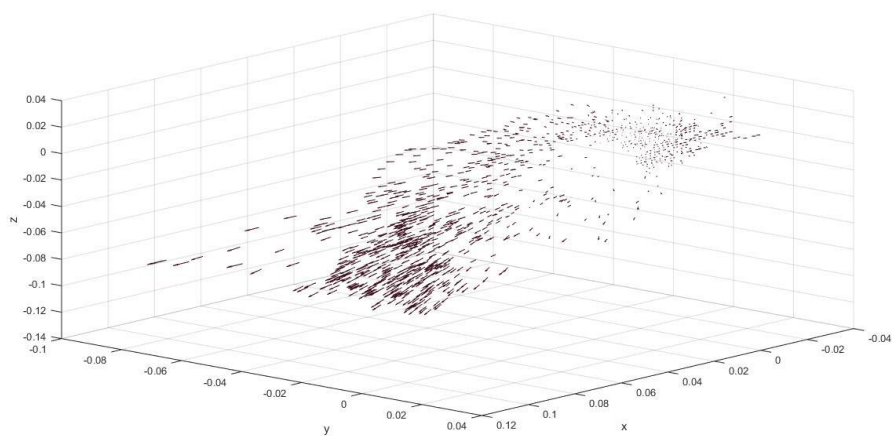


Gráfico 38 – Mapa 3D de vetores das acelerações no cotovelo, em m/s^2 , durante o exercício de “prateleira” da carga de 12 kg.

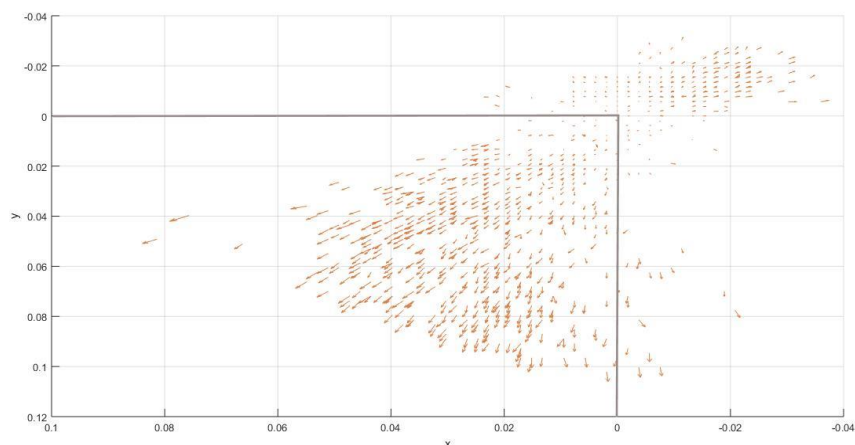


Gráfico 39 – Mapa de vetores das acelerações no punho, em m/s^2 , durante o exercício de “prateleira” da carga de 12 kg.

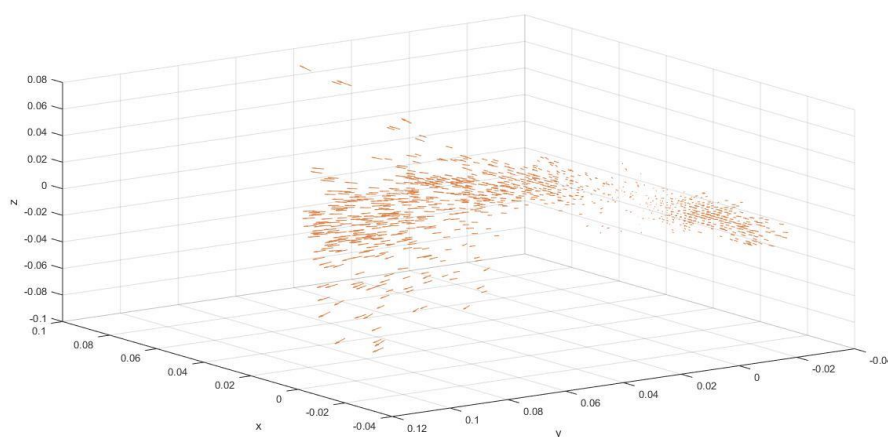


Gráfico 40 – Mapa 3D de vetores das acelerações no punho, em m/s^2 , durante o exercício de “prateleira” da carga de 12 kg.

Na movimentação da carga mais pesada, as acelerações do cotovelo assim como as do punho apresentam características semelhantes, isto é, tanto a elevação da carga como o impulso necessário para a colocação têm vetores de aceleração na mesma ordem de grandeza. No entanto, por regra o impulso representa o momento onde existem mais forças aplicadas e por isso, se ao longo da elevação da carga de 12 kg as acelerações do cotovelo igualam às do punho, o esforço muscular envolvido nesta tarefa é bastante elevado induzindo desta forma o aparecimento de lesões muito graves ao nível dos membros superiores.

Em última estância, a análise ergonômica pode auxiliar a avaliação de risco realizada através da análise fisiológica e biomecânica demonstrada acima. Assim, considerando a simulação do exercício de “prateleira” com rotação do tronco um movimento complexo e dinâmico procedeu-se à análise segundo o método do RULA (Anexo II) e REBA (Anexo III), sendo que este contempla a qualidade da pega e por isso apresenta dois tipos de pontuação final, como demonstrado na tabela 10.

Tabela 10 – Análise Ergonómica do exercício de “prateleira” segundo o método do RULA e do REBA (boa pega / má pega).

	RULA	REBA	
0 a 2 kg	7	7	9
5 a 10 Kg	7	8	10
Superior a 10 kg	7	9	ND

Segundo a análise ergonómica para esta postura, é possível verificar que o risco associado à realização deste tipo de tarefas é muito elevado e requer aplicação de medidas imediatas. No entanto, apesar destes métodos corroborarem com a avaliação descrita nos gráficos, isto é, considerarem uma maior incidência no aparecimento de lesões músculo-esqueléticas graves ao nível dos membros superiores, não faz com que esta análise ergonómica seja mais objetiva. Isto porque, as pontuações obtidas tanto no RULA como no REBA através da observação do posto de trabalho não contemplam as características individuais dos trabalhadores, onde em muitos casos poderá existir uma maior predisposição de ocorrência de lesões, e por isso, a determinação do nível de risco utilizando apenas esta análise é inconclusiva.

7. DISCUSSÃO DE RESULTADOS

7.1. Análise Ergonómica

A análise ergonómica deste estudo baseou-se em avaliar algumas das posturas observáveis em tarefas de movimentação manual de cargas, no entanto, nos resultados apenas consta a postura que implica a rotação do tronco sem extensão de braços e a simulação do exercício de “prateleira” com rotação do tronco porque são tarefas muito observáveis em postos de MMC, ou até mesmo, em postos de trabalho não destinados exclusivamente à movimentação. Sendo, muitas vezes, por essa razão, o aparecimento de lesões resultante dessas movimentações não é tido em conta e dessa forma o trabalhador está exposto a um risco desconhecido.

A utilização de métodos de avaliação de risco ergonómico é bastante comum, sendo em muitos casos a única forma usada para a conceção e/ou alteração dos postos de trabalho. No entanto, todas metodologias apresentam lacunas dependendo do que está a ser analisado. Tanto o RULA como o REBA foram concebidos para a análise através de suporte digital (fotografias e/ou vídeo) de tarefas simples e de trabalho estático. Ou seja, é insuficiente avaliar um determinado posto de trabalho onde o trabalhador está em constante movimento com as folhas de preenchimento destes métodos. Este facto pode ser comprovado pelas pontuações atribuídas às posturas analisadas, isto porque, no RULA, apesar de haver um risco elevado para o aparecimento de lesões músculo-esqueléticas e que seja obrigatório proceder a mudanças no local de trabalho, este método não relaciona estes resultados com as capacidades individuais de cada trabalhador mesmo que na entrevista o trabalhador as refira. Já na análise com o REBA, as pontuações são mais distribuídas e mais próximas da realidade. Contudo, o risco de lesões nestas posturas é considerável e aumenta consoante o número de vezes que é executada e por isso, o valor que apresenta quando se trata da carga mais elevada é um tanto ou quanto dispare do que acontece verdadeiramente.

Em suma, a análise ergonómica feita segundo estes métodos é inconclusiva, isto porque, não se pode basear em apenas um método para alterar um posto de trabalho pois todas as tarefas executadas são de carácter diferente, assim como, o trabalhador que as executa apresenta condições físicas diferentes. No entanto, é de ressaltar, que caso não haja a possibilidade de uma análise ergonómica exaustiva, estes métodos apresentam resultados viáveis para a prevenção de lesões em contexto laboral.

7.2. Análise Biomecânica

A análise biomecânica neste trabalho é apoiada pelos resultados obtidos através dos acelerómetros e sensores de força. O movimento da primeira postura consistiu numa elevação mínima da carga no plano sagital do indivíduo e o deslocamento da mesma segundo o plano transversal, já na segunda postura analisada procedeu-se à simulação de um exercício de disposição de cargas em prateleiras com alturas diferentes.

A avaliação através do acelerómetros mostra o deslocamento que a carga realiza e de que forma a velocidade varia ao longo do tempo. Estes valores representados graficamente são indicativos de como a força se manifesta ao longo do movimento. Enquanto que através dos

sensores de força verifica-se a influência do cotovelo e dos punhos no deslocamento da carga. Os dados recolhidos através desta análise podem alterar o nível de risco obtido através da análise ergonómica pois o observador do posto de trabalho não possui conhecimento prático do tipo de forças envolvidas na postura. Por outro lado, mesmo que identifique as características biomecânicas existentes, estas não podem ser quantificadas se não estiverem associadas a equipamentos que meçam esses valores.

É ainda através desta análise, que com a decomposição de forças exercidas em determinado momento do movimento executado, se torna perceptível as componentes resultantes que influenciam a reação do corpo. Ou seja, foi possível identificar a existência da força muscular presente no movimento e proceder aos cálculos que ajudam, na análise fisiológica, a perceber o esforço muscular necessário para aquele tipo de movimentos.

Desta forma, o uso deste equipamento para tomadas de decisões no que diz respeito à ocorrência de lesões no sistema músculo-esquelético é de elevada importância, pois apesar de este não ser adaptado às características individuais, pode ser um complemento à análise ergonómica efetuada através dos métodos de avaliação.

7.3. Análise Fisiológica

A análise fisiológica neste contexto prende-se com a necessidade de identificar quais os esforços musculares durante a movimentação da carga, isto porque, na decomposição de forças constata-se a presença da força muscular no cotovelo que é exercida pelo principal grupo de músculos que suportam a carga e o movimento.

O cálculo da força muscular mínima e máxima permitiu constatar de que forma o sistema muscular de um ser humano reage quando tem forças associadas ao movimento da carga, e verificar se o indivíduo está em esforço muscular ou não, sendo que a força muscular específica refere-se ao valor médio suportado por um ser humano em condições normais. Por isso, em função da força muscular específica foi possível determinar a massa da carga correspondente na boa e má pega, e dessa forma, constata-se que quanto mais músculos estiverem envolvidos no movimento maior será o esforço muscular necessário pois a força muscular aumenta. Por outro lado, este facto também indica que a presença de menos músculos na execução do movimento pode provocar uma sobrecarga de energia, isto é, mais contração muscular, podendo significar o aparecimento de lesões mais rápido e consequentemente, com maior gravidade.

Assim sendo, a informação em relação à utilização muscular nas diversas posições foi avaliada por consulta a um especialista em fisioterapia que analisou as imagens de cada movimento e identificou qual a aplicação dos músculos respetiva, sendo que, na generalidade, existe um músculo que domina neste tipo de movimentos que é o bíceps. Contudo, segundo a profissional de saúde, este tipo de movimentos afeta com maior frequência a coifa dos rotadores presentes no ombro devido à pouca resistência que têm. Para além desses, também o deltoide representa um local de origem de lesões derivadas da movimentação manual de cargas, pois tanto este como o bíceps neste tipo de posturas funcionam em conjunto.

Este estudo de fisiologia muscular apresenta-se, à semelhança da análise biomecânica, como uma investigação adicional que tem como intuito identificar quais as partes do sistema músculo-esquelético afetadas levando assim a que haja uma prevenção no aparecimento de lesões concreta.

7.4. Proposta de Análise Integrada

A análise integrada deste estudo baseia-se na elaboração de uma metodologia que englobe a Ergonomia, Biomecânica e Fisiologia Muscular. O principal objetivo desta análise é avaliar o risco e identificar o tipo de lesões num posto de trabalho de movimentação manual de cargas recorrendo a sensores de força e acelerómetros que devem ser aplicados ao trabalhador durante a observação. Posteriormente, esses dados devem ser corroborados com uma análise ergonómica utilizando métodos já existentes para o efeito (de preferência aplicar mais do que um método) e com uma análise fisiológica baseada em conhecimento de profissionais especializados. Por isso, a análise integrada proposta neste estudo é a seguinte:

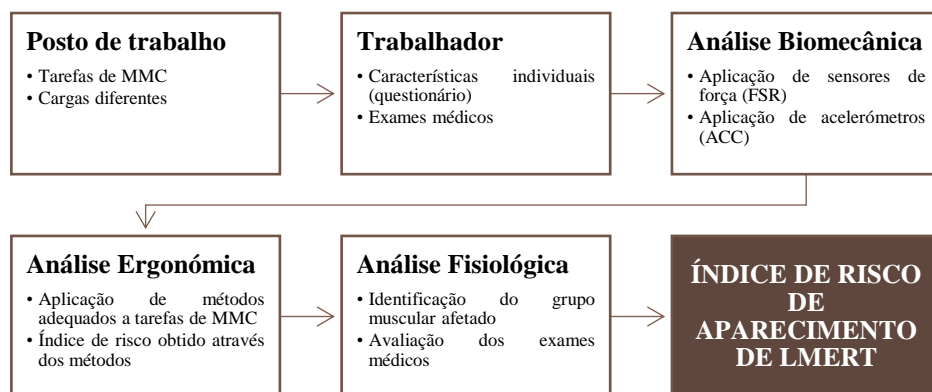


Figura 8 – Esquema ilustrativo da análise integrada resultante deste estudo.

Assim, o procedimento proposto pela análise integrada culmina na avaliação segundo um índice de risco de aparecimento de lesões músculo-esqueléticas relacionadas com o trabalho, sendo que a pontuação mais elevada (5) indica um nível de ação imediato e a pontuação mais baixa (1) um nível de ação aconselhado. A elaboração deste índice baseou-se nos resultados obtidos anteriormente, pois quando se verifica que as forças exercidas no punho se aproximam ou superam a força muscular máxima admitida, esta representa um elevado risco de ocorrência de LMERT. E por isso, quando está associada a uma má pega, independentemente se é feita com os mesmos contornos deste estudo (apenas com uma mão), esse risco aumenta porque o esforço muscular não está distribuído uniformemente.

Tabela 11 – Índice de risco biomecânico e fisiológico proposto.

Índice de Risco Biomecânico e Fisiológico	
5	Força exercida superior à força muscular máxima admitida na má pega
4	Força exercida superior à força muscular máxima admitida na boa pega
3	Força exercida aproximada à força muscular específica
2	Força exercida inferior à força muscular mínima admitida na má pega
1	Força exercida inferior à força muscular mínima admitida na boa pega

A pontuação atribuída segundo o índice de risco anterior (tabela 11) deve ser comparada com o nível de ação obtido através da análise ergonómica escolhida para o caso em estudo. Contudo, também a avaliação das acelerações se torna importante para apoiar a deteção do risco existente na realização do movimento. Assim sendo, para além de ser feita uma comparação entre

as forças exercidas e as forças musculares, o movimento executado ao longo do tempo de exposição deve ser considerado e dessa forma, os dados dos acelerômetros ajudam a identificar qual a posição com maior probabilidade de aparecimento de lesões. Isto porque, quanto maior forem as acelerações associadas à movimentação das cargas, maior serão as velocidades na execução da tarefa e consequentemente, o desgaste dos músculos em uso vai se manifestar mais rapidamente. É de ressaltar, que a escala atribuída na tabela 11 deve ser acompanhada pela replicação dos ensaios laboratoriais para que assim seja possível a integração da mesma com a realidade de um posto de trabalho.

Por isso, todos os dados obtidos através do questionário e dos exames médicos devem ser tidos em conta pois cada trabalhador apresenta condições individuais diferentes, podendo mesmo já ter desenvolvido problemas de lesões num determinado grupo muscular em outra atividade de trabalho e só pelo facto de realizar tarefas relacionadas com a movimentação de cargas, pode potenciar ainda mais o problema identificado anteriormente. Assim, esta análise integrada tem como intuito adequar as metodologias ao trabalhador, ajudando também a entidade empregadora a reduzir os índices de ocorrência de lesões músculo-esqueléticas no contexto laboral.

8. CONCLUSÃO

Nos últimos anos diversos métodos foram desenvolvidos com o intuito de contribuir para a avaliação e prevenção de ocorrência de lesões músculo-esqueléticas relacionadas com o trabalho. Por um lado, existem aqueles que apresentam maior especificidade em relação às partes do corpo mais afetadas, mas por outro lado, outros métodos dão preferência a certos aspetos relacionados com o posto de trabalho. De certo modo, a existência de inúmeras metodologias devia contribuir para não houvesse tanta negligência por parte da entidade empregadora a este nível, contudo, a realidade é bem diferente, e a aplicação das mesmas não é feita por mais acessível que seja pois, na generalidade, a falta de conhecimento nesta área é a principal causa.

É de referir que tanto os interesses da empresa como do trabalhador devem ter igual ponderação no que diz respeito à tomada de decisões, isto porque, a otimização dos métodos deve ser adaptada consoante a tarefa observada pois caso contrário, a conceção do posto e atividades de trabalho torna-se desnecessária. Por isso, sempre que possível deve-se realizar uma avaliação de risco que englobe várias áreas de interesse onde sejam identificados todos os riscos envolvidos naquele posto de trabalho, pois na maioria das vezes é aplicado apenas uma análise direcionada para um determinado tipo de risco. Logo, em muitos casos, o risco com maior gravidade naquele local de trabalho não é identificado devido à falta de avaliação daquele tipo de risco. Por exemplo, se num posto de trabalho o maior risco for o psicossocial e proceder-se a uma análise ergonómica, esse risco não vai ser observado e consequentemente não vai ser resolvido.

De acordo com os resultados, é importante a aplicação de diversas metodologias que melhorem a qualidade do posto de trabalho, não só para o bem-estar do trabalhador mas também para proteger a própria empresa de eventuais ocorrências de acidentes e doenças profissionais. Porém, ficou ainda comprovado que o problema das LMERT é muito mais que uma simples avaliação de risco. Até porque o risco associado ao aparecimento de lesões está diretamente relacionado com as capacidades individuais de cada trabalhador, e aí quando essa ligação é feita pode considerar-se que a intervenção no posto de trabalho foi a mais adequada.

Perspetivas Futuras

O desenvolvimento deste estudo, em primeira estância, baseia-se na análise das restantes posturas, visto que estas foram propostas por se tratar de movimentos bastante observados no contexto real do trabalho. Contudo, deve ser realizado uma recolha de dados biomecânicos mais completa de modo que sejam efetuados todos os cálculos possíveis para a determinação de forças associadas a estes movimentos.

Posteriormente, todos os resultados devem ser examinados do ponto de vista ergonómico, biomecânico e fisiológico, como demonstrado em cima, sendo que, a aplicação da análise integrada deve ser semelhante para os restantes dados obtidos. Contudo, esta análise integrada é passível de melhorias pois podem ser acrescentadas novas áreas de análise, como por exemplo, a análise psicossocial pois é um fator de risco bastante predominante em postos de trabalho e muitas vezes, é difícil de ser detetado.

Através deste estudo foi possível verificar a potencialidade da relação do fenómeno da fadiga muscular com as repetições do movimento, e assim sendo, a realização de novos ensaios que contemplem estas condições apresenta uma grande relevância na obtenção de novos resultados.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, L. (2011). *Avaliação de riscos ocupacionais numa empresa do setor de panificação e pastelaria*. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Lisboa.
- Arezes, P., & Miguel, A. S. (2008). *Avaliação de Risco em Tarefas de Manipulação Manual de Cargas*. Universidade do Minho. Guimarães: Autoridade para as Condições do Trabalho.
- Biosignals PLUX. (2015). Accelerometer (ACC) - Sensor DataSheet.
- Biosignals PLUX. (2015). FSR Force Sensor Transfer Function.
- Borelli, G. A. (1989). *On the movement of animals - On the force of percussion* (1 ed.). (P. Marquet, Ed.) Switzerland: Springer International Publishing.
- Bruce, P., & Bernard, M. (1997). *Musculoskeletal Disorders and Workplace Factors: A critical review of epidemiologic evidence for work-related musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity, and low back*. Cincinnati: NIOSH.
- Colombini, D., & Occhipinti, E. (2006). Preventing upper limb work-related musculoskeletal disorders (UL-WMSDs): New approaches in job (re)design and current trends in standardization. *Applied Ergonomics*, 37(4), 441-450.
- Completo, A., & Fonseca, F. (2011). *Fundamentos de Biomecânica Músculo-Esquelética e Ortopédica*. Porto: Publinústria.
- Costa, L. G., & Barroso, M. P. (2008). *Introdução à Ergonomia e Abordagem Ergonómica de Sistemas*. Documentação de apoio à UC de Ergonomia e Estudo do Trabalho - MIEGI, Universidade do Minho, Departamento de Produção e Sistemas, Guimarães.
- Devereux, P., & Buckle, J. (1999). *Work- Related Neck and Upper Limb*. University of Surrey. Guildford, UK: European Agency for Safety and Health at Work.
- EU-OSHA. (2007). *Prevention of work-related MSDs in practice*. Luxemburgo: Safety and Health at Work European Good Practice Awards.
- Freivalds, A. (2004). *Biomechanics of the upper limbs: mechanics, modeling and musculoskeletal injuries* (2 ed.). Boca Raton: CRC Press.
- Guérin, F., Laville, A., Daniellou, F., Duraffourg, J., & Kerguelen, A. (1997). *Comprendre le travail pour le transformer: la pratique de l'ergonomie* (Vol. 2). 288: Editions de l'ANACT.
- Hignett, S., & McAtamney, L. (2000). Rapid Entire Body Assessment (REBA). *Applied Ergonomics*, 31(2), 201-205.
- Karhu, O., Kansil, P., & Kuorinka, I. (1977). Correcting working postures in industry: A practical method for analysis. *Applied Ergonomics*, 8(4), 199-201.

- Kroemer, K., Kroemer, H., & Kroemer-Elbert, K. (2010). *Engineering Physiology: Bases of Human Factors Engineering/ Ergonomics* (4 ed.). EUA: Springer Science & Business Media.
- Marras, W. S., & Karwowski, W. (2006). *Fundamentals and Assessment Tools for Occupational Ergonomics* (2 ed., Vol. The Occupational Ergonomics Handbook). Boca Raton: CRC Press.
- McAtamney, L., & Corlett, E. N. (1993). RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Applied Ergonomics*, 24(2), 91-99.
- Moore, J. S., & Garg, A. (1995). The Strain Index: a proposed method to analyze jobs for risk of distal upper extremity disorders. *American Industrial Hygiene Association journal*, 56(5), 443-458.
- Neves, M., & Serranheira, F. (2014). A formação de profissionais de saúde para a prevenção de lesões musculoesqueléticas ligadas ao trabalho a nível da coluna lombar: uma revisão sistemática. *Revista Portuguesa de Saude Publica*, 32(1), 89-105.
- Pombeiro, A., & Carnide, M. F. (2006). *Análise Ergonómica de postos de trabalho numa indústria de produção de auto-rádios*. Relatório de estágio para atribuição do grau de Licenciatura em Ergonomia, Universidade Técnica de Lisboa, Faculdade de Motricidade Humana, Cruz Quebrada.
- Sato, T. O., & Coury, H. J. (2009). Evaluation of musculoskeletal health outcomes in the context of job rotation and multifunctional jobs. *Applied Ergonomics*, 40(4), 707-712.
- Schneider, E., Irastorza, X., & Copsey, S. (2010). *Work-related musculoskeletal disorders in the EU — Facts and figures*. Bélgica: EU-OSHA.
- Serranheira, F. (2007). *Lesões Músculo-Esqueléticas Ligadas ao Trabalho: que métodos de avaliação do risco?* Tese de Doutoramento em Saúde Pública na especialidade de Saúde Ocupacional, Universidade Nova de Lisboa, Escola Nacional de Saúde Pública, Lisboa.
- Silverstein, B. (1997). The use of checklists for upper limb risk assessment. *Proceedings of 13th Triennial Congress* (pp. 109-111). Tampere, Finland: International Ergonomics Association.
- Simões, A. (2000). Lesões Músculo-Esqueléticas: causas, consequências e estratégias preventivas. *Revista Segurança, Dossier de Segurança*(140), 35-41.
- Sundelin, G., & Hagberg, M. (1992). Effects of exposure to excessive drafts on myoelectric activity in shoulder muscles. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 2(1), 36-41.
- Tharmmaphornphilas, W., & Norman, B. (2007). A methodology to create robust job rotation schedules. *Annals of Operations Research*, 155(1), 339-360.
- Vézina, N. (2003). *La pratique de la rotation des postes dans une usine d'assemblage automobile. Etude exploratoire*. Rapport R-343, Étude et recherches, IRSST, Montreal.
- Westgaard, R. H., & Winkel, J. (1996). Guidelines for occupational musculoskeletal load as a basis for intervention: a critical review. *Applied Ergonomics*, 27(2), 79-88. doi:0003-6870

ANEXOS

I. FÓRMULAS DA ANÁLISE BIOMECÂNICA

Para os sensores de força foram utilizadas as seguintes fórmulas de conversão (Biosignals PLUX, FSR Force Sensor Transfer Function, 2015):

$$V_{out} = \frac{ADC \times V_{cc}}{2^{nbits}-1} \quad R_{FSR} = 10 \times \frac{V_{cc} - V_{out}}{V_{out}} \quad F(kg) = \left(\frac{1}{R_{FSR}} \right)^2$$

Equação 1 – Fórmulas de conversão dos dados recolhidos pelo sensor FSR em kg.

Para o cálculo destas fórmulas considera-se como constantes $V_{cc} = 3,0$ e $nbits = 8$, enquanto que o ADC é o valor medido através do sensor. A conversão do sinal dos acelerómetros é feita da seguinte forma (Biosignals PLUX, Accelerometer (ACC) - Sensor DataSheet, 2015):

$$ACC(Gforce) = \frac{ADC - C_{min}}{C_{max} - C_{min}} \times 2 - 1$$

Equação 2 – Fórmula da transformação do sinal do ACC para G-force.

Para o cálculo deste sensor utilizou-se os valores de calibração $C_{min} = 28000$ e o $C_{max} = 38000$ que foram fornecidos pelo produtor do equipamento, e à semelhança do anterior o ADC é o valor recolhido através do sensor.

Depois de ter todos os dados transformados, procedeu-se ao cálculo dos integrais da aceleração, isto é, em primeiro lugar passou-se a aceleração dos diferentes eixos (a_x , a_y , a_z) para m/s^2 e em seguida integrou-se duas vezes de forma a obter a velocidade (v_x , v_y , v_z) e o deslocamento (x , y , z), respetivamente.

$$a_x = (2 \times ADC) \times 9,81$$

Equação 3 – Conversão da aceleração para m/s^2 .

$$\int v_x = \frac{(t_{n+1} - t_n) \times (a_{x_n} + a_{x_{n+1}})}{2} \quad \iint x = \frac{(t_{n+1} - t_n) \times (v_{x_n} + v_{x_{n+1}})}{2}$$

Equação 4 – Velocidade (m/s) e deslocamento (m) associado à aceleração.

Estes valores foram calculados para todos os eixos e, posteriormente, calculou-se a massa suportada por cada mão utilizando os valores dos sensores de força juntamente com as cargas respetivas das posturas (2 kg, 7 kg, 12kg).

$$m_{esquerda} = carga \times \left(\frac{F_{esquerda}}{F_{direita} + F_{esquerda}} \right) \quad m_{direita} = carga \times \left(\frac{F_{direita}}{F_{direita} + F_{esquerda}} \right)$$

Equação 5 – Massa suportada (kg) por cada sensor de FSR consoante a massa da carga total.

Tendo as acelerações de cada eixo e as massas correspondentes a cada mão e carga, foi possível calcular a força exercida nos eixos x, y e z durante o movimento e para isso utilizou-se a segunda Lei de Newton, demonstrada da seguinte forma:

$$\vec{F} \text{ (N)} = m \times \vec{a}$$

Equação 6 – Segunda Lei de Newton que permitiu o cálculo das forças ao longo do movimento.

II. FICHAS DE PREENCHIMENTO - RULA

RULA Employee Assessment Worksheet

based on RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders, McAtamney & Corlett, *Applied Ergonomics* 1993, 24(2), 91-99

A. Arm and Wrist Analysis

Step 1: Locate Upper Arm Position:

Step 1a: Adjust...
If shoulder is raised: +1
If upper arm is abducted: +1
If arm is supported or person is leaning: -1

Step 2: Locate Lower Arm Position:

Step 2a: Adjust...
If either arm is working across midline or out to side of body: Add +1

Step 3: Locate Wrist Position:

Step 3a: Adjust...
If wrist is bent from midline: Add +1

Step 4: Wrist Twist:

Step 4a: Adjust...
If wrist is twisted in mid-range: +1
If wrist is at or near end of range: +2

Step 5: Look-up Posture Score in Table A:
Using values from steps 1-4 above, locate score in Table A

Step 6: Add Muscle Use Score
If posture mainly static (i.e. held > 10 minutes):
Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

Step 7: Add Force/Load Score
If load < 4.4 lbs (intermittent): +0
If load 4.4 to 22 lbs (intermittent): +1
If load 4.4 to 22 lbs (static or repeated): +2
If more than 22 lbs or repeated or shocks: +3

Step 8: Find Row in Table C
Add values from steps 5-7 to obtain Wrist and Arm Score. Find row in Table C.

SCORES

Table A: Wrist Posture Score

Upper Arm	Lower Arm	Wrist Posture Score						
		1	2	3	4			
1	1	1	2	2	2	3	3	3
1	2	2	2	2	2	3	3	3
1	3	2	3	3	3	3	4	4
1	4	2	3	3	3	3	4	4
2	1	1	2	3	3	3	4	4
2	2	2	2	2	2	3	3	3
2	3	2	3	3	3	3	4	4
2	4	2	3	3	3	3	4	4
3	1	1	2	3	3	3	4	4
3	2	2	2	2	2	3	3	3
3	3	2	3	3	3	3	4	4
3	4	2	3	3	3	3	4	4
4	1	1	2	3	3	3	4	4
4	2	2	2	2	2	3	3	3
4	3	2	3	3	3	3	4	4
4	4	2	3	3	3	3	4	4
5	1	1	2	3	3	3	4	4
5	2	2	2	2	2	3	3	3
5	3	2	3	3	3	3	4	4
5	4	2	3	3	3	3	4	4
6	1	1	2	3	3	3	4	4
6	2	2	2	2	2	3	3	3
6	3	2	3	3	3	3	4	4
6	4	2	3	3	3	3	4	4

Table B: Trunk Posture Score

Neck	Trunk Posture Score					
	1	2	3	4	5	6
1	1	2	3	4	5	6
2	2	3	4	5	6	7
3	3	4	5	6	7	8
4	4	5	6	7	8	9
5	5	6	7	8	9	10
6	6	7	8	9	10	11

Table C: Neck, trunk and leg score

Wrist and Arm Score	Neck, trunk and leg score						
	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	4	5	6	7
2	2	3	4	5	6	7	8
3	3	4	5	6	7	8	9
4	4	5	6	7	8	9	10
5	5	6	7	8	9	10	11
6	6	7	8	9	10	11	12
7	7	8	9	10	11	12	13
8+	8	9	10	11	12	13	14

Scoring: (final score from Table C)
1 or 2 = acceptable posture
3 or 4 = further investigation, change may be needed
5 or 6 = further investigation, change soon
7 = investigate and implement change

B. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 9: Locate Neck Position:

Step 9a: Adjust...
If neck is twisted: +1
If neck is side bending: +1

Step 10: Locate Trunk Position:

Step 10a: Adjust...
If trunk is twisted: +1
If trunk is side bending: +1

Step 11: Legs:
If legs and feet are supported: +1
If not: +2

Step 12: Look-up Posture Score in Table B:
Using values from steps 9-11 above, locate score in Table B

Step 13: Add Muscle Use Score
If posture mainly static (i.e. held > 10 minutes):
Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

Step 14: Add Force/Load Score
If load < 4.4 lbs (intermittent): +0
If load 4.4 to 22 lbs (intermittent): +1
If load 4.4 to 22 lbs (static or repeated): +2
If more than 22 lbs or repeated or shocks: +3

Step 15: Find Column in Table C
Add values from steps 12-14 to obtain Neck, Trunk and Leg Score. Find Column in Table C.

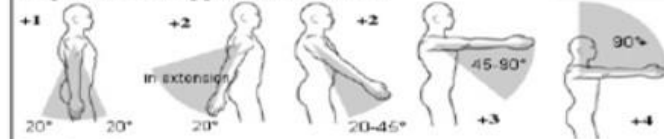
Figura 9 – Avaliação da rotação do tronco segundo o RULA para a carga de 2 kg.

RULA Employee Assessment Worksheet

based on RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders, McAtamney & Corlett, *Applied Ergonomics* 1993, 24(2), 91-99

A. Arm and Wrist Analysis

Step 1: Locate Upper Arm Position:



Step 1a: Adjust...

If shoulder is raised: +1

If upper arm is abducted: +1

If arm is supported or person is leaning: -1

2
Upper Arm Score

Step 2: Locate Lower Arm Position:



Step 2a: Adjust...

If either arm is working across midline or out to side of body: Add +1

3
Lower Arm Score

Step 3: Locate Wrist Position:



Step 3a: Adjust...

If wrist is bent from midline: Add +1

1
Wrist Score

Step 4: Wrist Twist:

If wrist is twisted in mid-range: +1

If wrist is at or near end of range: +2

1
Wrist Twist Score

Step 5: Look-up Posture Score in Table A:

Using values from steps 1-4 above, locate score in Table A

3
Posture Score A

Step 6: Add Muscle Use Score

If posture mainly static (i.e. held > 10 minutes):

Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

1
Muscle Use Score

Step 7: Add Force/Load Score

If load < 4.4 lbs (intermittent): +0

If load 4.4 to 22 lbs (intermittent): +1

If load 4.4 to 22 lbs (static or repeated): +2

If more than 22 lbs or repeated or shocks: +3

2
Force/Load Score

Step 8: Find Row in Table C

Add values from steps 5-7 to obtain Wrist and Arm Score. Find row in Table C.

6
Wrist & Arm Score

SCORES

Table A: Wrist Posture Score		1 2 3 4			
Upper Arm	Lower Arm	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist
		1 2	1 2	1 2	1 2
1	1	1	2	2	3
	2	2	2	2	3
	3	2	3	3	4
2	1	2	3	3	4
	2	3	3	3	4
	3	3	4	4	5
3	1	3	4	4	5
	2	3	4	4	5
	3	4	4	4	5
4	1	4	4	4	5
	2	4	4	4	5
	3	4	4	5	6
5	1	5	5	5	6
	2	5	6	6	7
	3	6	6	7	8
6	1	7	7	7	8
	2	8	8	8	9
	3	9	9	9	9

Table C: Neck, trunk and leg score		1 2 3 4 5 6 7+						
Wrist and Arm Score	1	1	2	3	3	4	5	5
	2	2	2	3	4	4	5	5
	3	3	3	3	4	4	5	6
	4	3	3	3	4	5	6	6
	5	4	4	4	5	6	7	7
	6	4	4	5	6	7	7	7
	7	5	5	6	6	7	7	7
	8+	5	5	6	7	7	7	7

Scoring: (final score from Table C)

1 or 2 = acceptable posture

3 or 4 = further investigation, change may be needed

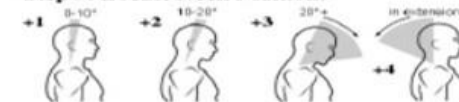
5 or 6 = further investigation, change soon

7 = investigate and implement change

6
Final Score

B. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 9: Locate Neck Position:



Step 9a: Adjust...

If neck is twisted: +1

If neck is side bending: +1

1
Neck Score

Step 10: Locate Trunk Position:



Step 10a: Adjust...

If trunk is twisted: +1

If trunk is side bending: +1

2
Trunk Score

Step 11: Legs:

If legs and feet are supported: +1

If not: +2

1
Leg Score

Table B: Trunk Posture Score		1 2 3 4 5 6					
Neck Posture Score	Legs	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2
		1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2
1	1	1	2	3	3	4	5
	2	2	3	3	4	5	6
2	1	2	3	3	4	5	6
	2	3	3	4	4	5	6
3	1	3	3	4	4	5	6
	2	3	3	4	4	5	6
4	1	4	4	5	5	6	7
	2	4	4	5	5	6	7
5	1	5	5	6	6	7	8
	2	5	5	6	6	7	8
6	1	6	6	7	7	8	9
	2	6	6	7	7	8	9

Step 12: Look-up Posture Score in Table B:

Using values from steps 9-11 above, locate score in Table B

2
Posture Score B

Step 13: Add Muscle Use Score

If posture mainly static (i.e. held > 10 minutes):

Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

1
Muscle Use Score

Step 14: Add Force/Load Score

If load < 4.4 lbs (intermittent): +0

If load 4.4 to 22 lbs (intermittent): +1

If load 4.4 to 22 lbs (static or repeated): +2

If more than 22 lbs or repeated or shocks: +3

2
Force/Load Score

Step 15: Find Column in Table C

Add values from steps 12-14 to obtain Neck, Trunk and Leg Score. Find Column in Table C.

5
Neck, Trunk & Leg Score

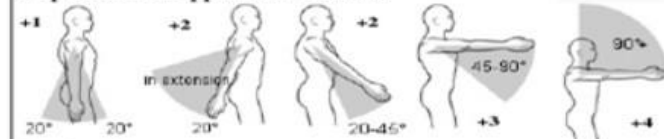
Figura 10 – Avaliação da rotação do tronco segundo o RULA para a carga de 7 kg.

RULA Employee Assessment Worksheet

based on RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders, McAtamney & Corlett, Applied Ergonomics 1993, 24(2), 91-99

A. Arm and Wrist Analysis

Step 1: Locate Upper Arm Position:



Step 1a: Adjust...

If shoulder is raised: +1

If upper arm is abducted: +1

If arm is supported or person is leaning: -1

2
Upper Arm Score

Step 2: Locate Lower Arm Position:



Step 2a: Adjust...

If either arm is working across midline or out to side of body: Add +1

3
Lower Arm Score

Step 3: Locate Wrist Position:



Step 3a: Adjust...

If wrist is bent from midline: Add +1

1
Wrist Score

Step 4: Wrist Twist:

If wrist is twisted in mid-range: +1

If wrist is at or near end of range: +2

1
Wrist Twist Score

Step 5: Look-up Posture Score in Table A:

Using values from steps 1-4 above, locate score in Table A

3
Posture Score A

Step 6: Add Muscle Use Score

If posture mainly static (i.e. held > 10 minutes), Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

1
Muscle Use Score

Step 7: Add Force/Load Score

If load < 4.4 lbs (intermittent): +0

If load 4.4 to 22 lbs (intermittent): +1

If load 4.4 to 22 lbs (static or repeated): +2

If more than 22 lbs or repeated or shocks: +3

3
Force/Load Score

Step 8: Find Row in Table C

Add values from steps 5-7 to obtain Wrist and Arm Score. Find row in Table C.

7
Wrist & Arm Score

SCORES

Table A: Wrist Posture Score		1	2	3	4
Upper Arm	Lower Arm	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist
1	1	1	2	2	3
2	2	2	3	3	4
3	3	3	4	4	5
4	4	4	5	5	6
5	5	5	6	6	7
6	6	6	7	7	8

Table C: Neck, trunk and leg score		1	2	3	4	5	6	7
Wrist and Arm Score	Neck, Trunk & Leg Score	1	2	3	4	5	6	7
1	1	2	3	4	5	6	7	8
2	2	3	4	5	6	7	8	9
3	3	4	5	6	7	8	9	10
4	4	5	6	7	8	9	10	11
5	5	6	7	8	9	10	11	12
6	6	7	8	9	10	11	12	13
7	7	8	9	10	11	12	13	14
8	8	9	10	11	12	13	14	15

Scoring: (final score from Table C)

1 or 2 = acceptable posture

3 or 4 = further investigation, change may be needed

5 or 6 = further investigation, change soon

7 = investigate and implement change

7
Final Score

B. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 9: Locate Neck Position:



Step 9a: Adjust...

If neck is twisted: +1

If neck is side bending: +1

1
Neck Score

Step 10: Locate Trunk Position:



Step 10a: Adjust...

If trunk is twisted: +1

If trunk is side bending: +1

2
Trunk Score

Step 11: Legs:

If legs and feet are supported: +1

If not: +2

1
Leg Score

Table B: Trunk Posture Score		1	2	3	4	5	6	7
Neck	Legs	1	2	3	4	5	6	7
1	1	2	3	4	5	6	7	8
2	2	3	4	5	6	7	8	9
3	3	4	5	6	7	8	9	10
4	4	5	6	7	8	9	10	11
5	5	6	7	8	9	10	11	12
6	6	7	8	9	10	11	12	13

Step 12: Look-up Posture Score in Table B:

Using values from steps 9-11 above, locate score in Table B

2
Posture Score B

Step 13: Add Muscle Use Score

If posture mainly static (i.e. held > 10 minutes), Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

1
Muscle Use Score

Step 14: Add Force/Load Score

If load < 4.4 lbs (intermittent): +0

If load 4.4 to 22 lbs (intermittent): +1

If load 4.4 to 22 lbs (static or repeated): +2

If more than 22 lbs or repeated or shocks: +3

3
Force/Load Score

Step 15: Find Column in Table C

Add values from steps 12-14 to obtain Neck, Trunk & Leg Score. Find Column in Table C.

6
Neck, Trunk & Leg Score

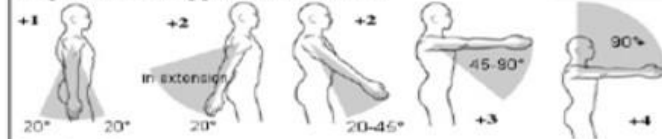
Figura 11 – Avaliação da rotação do tronco segundo o RULA para a carga de 12 kg.

RULA Employee Assessment Worksheet

based on RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders, McAtamney & Corlett, *Applied Ergonomics* 1993, 24(2), 91-99

A. Arm and Wrist Analysis

Step 1: Locate Upper Arm Position:



Step 1a: Adjust...

If shoulder is raised: +1

If upper arm is abducted: +1

If arm is supported or person is leaning: -1

5
Upper Arm Score

Step 2: Locate Lower Arm Position:



Step 2a: Adjust...

If either arm is working across midline or out to side of body: Add +1

3
Lower Arm Score

Step 3: Locate Wrist Position:



Step 3a: Adjust...

If wrist is bent from midline: Add +1

1
Wrist Score

Step 4: Wrist Twist:

If wrist is twisted in mid-range: +1

If wrist is at or near end of range: +2

1
Wrist Twist Score

Step 5: Look-up Posture Score in Table A:

Using values from steps 1-4 above, locate score in Table A

6
Posture Score A

Step 6: Add Muscle Use Score

If posture mainly static (i.e. held > 10 minutes), Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

1
Muscle Use Score

Step 7: Add Force/Load Score

If load < 4.4 lbs (intermittent): +0

If load 4.4 to 22 lbs (intermittent): +1

If load 4.4 to 22 lbs (static or repeated): +2

If more than 22 lbs or repeated or shocks: +3

2
Force/Load Score

Step 8: Find Row in Table C

Add values from steps 5-7 to obtain Wrist and Arm Score. Find row in Table C.

9
Wrist & Arm Score

SCORES

Table A: Wrist Posture Score		1		2		3		4	
Upper Arm	Lower Arm	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
2	1	2	3	3	3	3	4	4	4
3	1	3	4	4	4	4	5	5	5
4	1	4	5	5	5	5	6	6	6
5	1	5	6	6	6	6	7	7	7
6	1	6	7	7	7	7	8	8	8

Table C: Neck, trunk and leg score		1 2 3 4 5 6 7+						
Wrist and Arm Score	Neck	1	2	3	4	5	6	7
1	1	2	3	4	5	6	7	8
2	2	3	4	5	6	7	8	9
3	3	4	5	6	7	8	9	10
4	4	5	6	7	8	9	10	11
5	5	6	7	8	9	10	11	12
6	6	7	8	9	10	11	12	13
7	7	8	9	10	11	12	13	14
8	8	9	10	11	12	13	14	15

Scoring: (final score from Table C)

1 or 2 = acceptable posture

3 or 4 = further investigation, change may be needed

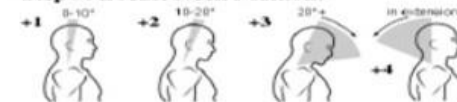
5 or 6 = further investigation, change soon

7 = investigate and implement change

7
Final Score

B. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 9: Locate Neck Position:



Step 9a: Adjust...

If neck is twisted: +1

If neck is side bending: +1

1
Neck Score

Step 10: Locate Trunk Position:



Step 10a: Adjust...

If trunk is twisted: +1

If trunk is side bending: +1

3
Trunk Score

Step 11: Legs:

If legs and feet are supported: +1

If not: +2

1
Leg Score

Table B: Trunk Posture Score		1		2		3		4		5		6		7	
Neck	Posture Score	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
2	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
3	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
4	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
5	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
6	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

Step 12: Look-up Posture Score in Table B:

Using values from steps 9-11 above, locate score in Table B

3
Posture Score B

Step 13: Add Muscle Use Score

If posture mainly static (i.e. held > 10 minutes), Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

1
Muscle Use Score

Step 14: Add Force/Load Score

If load < 4.4 lbs (intermittent): +0

If load 4.4 to 22 lbs (intermittent): +1

If load 4.4 to 22 lbs (static or repeated): +2

If more than 22 lbs or repeated or shocks: +3

2
Force/Load Score

Step 15: Find Column in Table C

Add values from steps 12-14 to obtain Neck, Trunk and Leg Score. Find Column in Table C.

6
Neck, Trunk & Leg Score

Figura 12 – Avaliação do exercício da “prateleira” segundo o RULA para a carga de 2 kg.

RULA Employee Assessment Worksheet

based on RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders, McAtamney & Corlett, Applied Ergonomics 1993, 24(2), 91-99

A. Arm and Wrist Analysis

Step 1: Locate Upper Arm Position:

Step 1a: Adjust...

- If shoulder is raised: +1
- If upper arm is abducted: +1
- If arm is supported or person is leaning: -1

5
Upper Arm Score

Step 2: Locate Lower Arm Position:

Step 2a: Adjust...

- If either arm is working across midline or out to side of body: Add +1

3
Lower Arm Score

Step 3: Locate Wrist Position:

Step 3a: Adjust...

- If wrist is bent from midline: Add +1

1
Wrist Score

Step 4: Wrist Twist:

- If wrist is twisted in mid-range: +1
- If wrist is at or near end of range: +2

1
Wrist Twist Score

Step 5: Look-up Posture Score in Table A:

Using values from steps 1-4 above, locate score in Table A

6
Posture Score A

Step 6: Add Muscle Use Score

- If posture mainly static (i.e. held > 10 minutes): +0
- Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

1
Muscle Use Score

Step 7: Add Force/Load Score

- If load < 4.4 lbs (intermittent): +0
- If load 4.4 to 22 lbs (intermittent): +1
- If load 4.4 to 22 lbs (static or repeated): +2
- If more than 22 lbs or repeated or shocks: +3

2
Force/Load Score

Step 8: Find Row in Table C

Add values from steps 5-7 to obtain Wrist and Arm Score. Find row in Table C.

9
Wrist & Arm Score

B. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 9: Locate Neck Position:

Step 9a: Adjust...

- If neck is twisted: +1
- If neck is side bending: +1

1
Neck Score

Step 10: Locate Trunk Position:

Step 10a: Adjust...

- If trunk is twisted: +1
- If trunk is side bending: +1

3
Trunk Score

Step 11: Legs:

- If legs and feet are supported: +1
- If not: +2

1
Leg Score

Table B: Trunk Posture Score

Neck Posture Score	Legs											
	1		2		3		4		5		6	
1	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
2	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
3	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4
4	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5
5	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6
6	6	7	6	7	6	7	6	7	6	7	6	7

Step 12: Look-up Posture Score in Table B:

Using values from steps 9-11 above, locate score in Table B

3
Posture Score B

Step 13: Add Muscle Use Score

- If posture mainly static (i.e. held > 10 minutes): +0
- Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

1
Muscle Use Score

Step 14: Add Force/Load Score

- If load < 4.4 lbs (intermittent): +0
- If load 4.4 to 22 lbs (intermittent): +1
- If load 4.4 to 22 lbs (static or repeated): +2
- If more than 22 lbs or repeated or shocks: +3

2
Force/Load Score

Step 15: Find Column in Table C

Add values from steps 12-14 to obtain Neck, Trunk and Leg Score. Find Column in Table C.

6
Neck, Trunk & Leg Score

SCORES

Table A: Wrist Posture Score

Upper Arm	Lower Arm	1		2		3		4	
		Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
2	2	2	3	3	3	3	4	4	4
3	3	3	4	4	4	4	5	5	5
4	4	4	5	5	5	5	6	6	6
5	5	5	6	6	6	6	7	7	7
6	6	6	7	7	7	7	8	8	8

Table C: Neck, trunk and leg score

Wrist and Arm Score	Neck, trunk and leg score						
	1	2	3	4	5	6	7
1	1	2	3	4	5	6	7
2	2	3	4	5	6	7	8
3	3	4	5	6	7	8	9
4	4	5	6	7	8	9	10
5	5	6	7	8	9	10	11
6	6	7	8	9	10	11	12
7	7	8	9	10	11	12	13
8	8	9	10	11	12	13	14

Scoring: (final score from Table C)

- 1 or 2 = acceptable posture
- 3 or 4 = further investigation, change may be needed
- 5 or 6 = further investigation, change soon
- 7 = investigate and implement change

7
Final Score

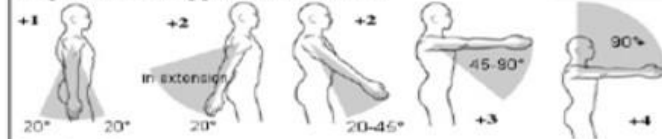
Figura 13 – Avaliação do exercício da “prateleira” segundo o RULA para a carga de 7 kg.

RULA Employee Assessment Worksheet

based on RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders, McAtamney & Corlett, *Applied Ergonomics* 1993, 24(2), 91-99

A. Arm and Wrist Analysis

Step 1: Locate Upper Arm Position:



Step 1a: Adjust...

If shoulder is raised: +1

If upper arm is abducted: +1

If arm is supported or person is leaning: -1

5
Upper Arm Score

Step 2: Locate Lower Arm Position:



Step 2a: Adjust...

If either arm is working across midline or out to side of body: Add +1

3
Lower Arm Score

Step 3: Locate Wrist Position:



Step 3a: Adjust...

If wrist is bent from midline: Add +1

1
Wrist Score

Step 4: Wrist Twist:

If wrist is twisted in mid-range: +1

If wrist is at or near end of range: +2

1
Wrist Twist Score

Step 5: Look-up Posture Score in Table A:

Using values from steps 1-4 above, locate score in Table A

6
Posture Score A

Step 6: Add Muscle Use Score

If posture mainly static (i.e. held > 10 minutes).

Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

1
Muscle Use Score

Step 7: Add Force/Load Score

If load < 4.4 lbs (intermittent): +0

If load 4.4 to 22 lbs (intermittent): +1

If load 4.4 to 22 lbs (static or repeated): +2

If more than 22 lbs or repeated or shocks: +3

3
Force/Load Score

Step 8: Find Row in Table C

Add values from steps 5-7 to obtain Wrist and Arm Score. Find row in Table C.

10
Wrist & Arm Score

SCORES

Table A: Wrist Posture Score		1 2 3 4			
Upper Arm	Lower Arm	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist
1	1	1	2	2	3
1	2	2	2	2	3
1	3	2	3	3	3
2	1	1	2	3	3
2	2	2	3	3	3
2	3	3	3	4	4
3	1	1	3	3	4
3	2	2	3	4	4
3	3	3	4	4	4
4	1	1	4	4	4
4	2	2	4	4	4
4	3	3	4	4	4
5	1	1	5	5	5
5	2	2	5	5	5
5	3	3	5	5	5
6	1	1	6	6	6
6	2	2	6	6	6
6	3	3	6	6	6

Table C: Neck, trunk and leg score		1 2 3 4 5 6 7+						
Wrist and Arm Score	1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6	6
4	3	3	3	4	5	6	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7	7
8+	5	5	6	7	7	7	7	7

Scoring: (final score from Table C)

1 or 2 = acceptable posture

3 or 4 = further investigation, change may be needed

5 or 6 = further investigation, change soon

7 = investigate and implement change

7
Final Score

B. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 9: Locate Neck Position:



Step 9a: Adjust...

If neck is twisted: +1

If neck is side bending: +1

1
Neck Score

Step 10: Locate Trunk Position:



Step 10a: Adjust...

If trunk is twisted: +1

If trunk is side bending: +1

3
Trunk Score

Step 11: Legs:

If legs and feet are supported: +1

If not: +2

1
Leg Score

Table B: Trunk Posture Score		1 2 3 4 5 6					
Neck Posture Score	Legs	1	2	3	4	5	6
1	1	2	3	3	4	5	6
2	2	3	3	4	5	6	7
3	3	3	4	4	5	6	7
4	4	4	4	5	6	7	8
5	5	5	5	6	7	8	9
6	6	6	6	7	8	9	9

Step 12: Look-up Posture Score in Table B:

Using values from steps 9-11 above, locate score in Table B

3
Posture Score B

Step 13: Add Muscle Use Score

If posture mainly static (i.e. held > 10 minutes).

Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

1
Muscle Use Score

Step 14: Add Force/Load Score

If load < 4.4 lbs (intermittent): +0

If load 4.4 to 22 lbs (intermittent): +1

If load 4.4 to 22 lbs (static or repeated): +2

If more than 22 lbs or repeated or shocks: +3

2
Force/Load Score

Step 15: Find Column in Table C

Add values from steps 12-14 to obtain Neck, Trunk and Leg Score. Find Column in Table C.

6
Neck, Trunk & Leg Score

Figura 14 – Avaliação do exercício da “prateleira” segundo o RULA para a carga de 12 kg.

III. FICHAS DE PREENCHIMENTO - REBA

REBA Employee Assessment Worksheet

Based on Technical note: Rapid Entire Body Assessment (REBA), Hignett, McAtamney, *Applied Ergonomics* 31 (2000) 201-205

A. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 1: Locate Neck Position

Step 1a: Adjust...
If neck is twisted: +1
If neck is side bending: +1

Neck Score: 1

Table A: Neck Scores

		Neck											
		1				2				3			
Legs	1	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
	2	2	3	4	5	2	3	4	5	2	3	4	5
	3	3	4	5	6	3	4	5	6	3	4	5	6
	4	4	5	6	7	4	5	6	7	4	5	6	7
	5	5	6	7	8	5	6	7	8	5	6	7	8

Trunk Posture Score: 2

Step 2: Locate Trunk Position

Step 2a: Adjust...
If trunk is twisted: +1
If trunk is side bending: +1

Trunk Score: 2

Table B: Lower Arm Scores

		1						2					
Upper Arm Score	1	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
	2	2	3	4	5	6	7	2	3	4	5	6	7
	3	3	4	5	6	7	8	3	4	5	6	7	8
	4	4	5	6	7	8	9	4	5	6	7	8	9
	5	5	6	7	8	9	10	5	6	7	8	9	10
	6	6	7	8	9	10	11	6	7	8	9	10	11

Upper Arm Score: 2

Step 3: Legs

Adjust: 30-60° (+1), 60-90° (+2)

Leg Score: 1

Step 4: Look-up Posture Score in Table A

Using values from steps 1-3 above, locate score in Table A

Posture Score A: 2

Step 5: Add Force/Load Score

If load < 11 lbs: +0
If load 11 to 22 lbs: +1
If load > 22 lbs: +2
Adjust: If shock or rapid build up of force: add +1

Force/Load Score: 1

Step 6: Score A, Find Row in Table C

Add values from steps 4 & 5 to obtain Score A.
Find Row in Table C.

Score A: 3

Table C: Score B, (table B value + coupling score)

Score A (score from table A + load force score)	Score B, (table B value + coupling score)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	10	11	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Table C Score: 3

Step 7: Locate Upper Arm Position

Step 7a: Adjust...
If shoulder is raised: +1
If upper arm is abducted: +1
If arm is supported or person is leaning: -1

Upper Arm Score: 2

Step 8: Locate Lower Arm Position

Lower Arm Score: 2

Step 9: Locate Wrist Position

Step 9a: Adjust...
If wrist is bent from midline or twisted: Add +1

Wrist Score: 1

Step 10: Look-up Posture Score in Table B

Using values from steps 7-9 above, locate score in Table B

Posture Score B: 2

Step 11: Add Coupling Score

Well fitting Handle and mid range power grip, good: +0
Acceptable but not ideal hand hold or coupling acceptable with another body part, fair: +1
Hand hold not acceptable but possible, poor: +2
No handles, awkward, unsafe with any body part, Unacceptable: +3

Coupling Score: 0

Step 12: Score B, Find Column in Table C

Add values from steps 10 & 11 to obtain Score B. Find column in Table C and match with Score A in row from step 6 to obtain Table C Score.

Score B: 2

Step 13: Activity Score

+1 1 or more body parts are held for longer than 1 minute (static)
+1 Repeated small range actions (more than 4x per minute)
+1 Action causes rapid large range changes in postures or unstable base

Activity Score: 1

Final REBA Score: 4

Scoring:

- 1 = negligible risk
- 2 or 3 = low risk, change may be needed
- 4 to 7 = medium risk, further investigation, change soon
- 8 to 10 = high risk, investigate and implement change
- 11+ = very high risk, implement change

Figura 15 – Avaliação da rotação do tronco segundo o REBA para a carga de 2 kg com boa pega.

REBA Employee Assessment Worksheet

Based on Technical note: Rapid Entire Body Assessment (REBA), Hignett, McAtamney, Applied Ergonomics 31 (2000) 201-205

A. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 1: Locate Neck Position

Step 1a: Adjust...
If neck is twisted: +1
If neck is side bending: +1

Neck Score: 1

Table A: Neck

	Neck											
	1				2				3			
Legs	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Trunk Posture Score	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
	2	2	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
	3	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
	4	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
	5	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

Step 2: Locate Trunk Position

Step 2a: Adjust...
If trunk is twisted: +1
If trunk is side bending: +1

Trunk Score: 2

Table B: Lower Arm

	1						2					
Wrist	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Upper Arm Score	1	1	2	2	1	2	3	4	5	5	6	7
	2	1	2	3	2	3	4	4	5	5	6	7
	3	3	4	5	5	6	7	7	8	8	9	9
	4	4	5	5	5	6	7	7	8	8	9	9
	5	6	7	8	8	9	9	9	9	9	9	9
	6	7	8	8	8	9	9	9	9	9	9	9

Step 3: Legs

Adjust: 30-60° (+1), 60-90° (+2)

Leg Score: 1

Step 4: Look-up Posture Score in Table A

Using values from steps 1-3 above, locate score in Table A

Posture Score A: 2

Step 5: Add Force/Load Score

If load < 11 lbs: +0
If load 11 to 22 lbs: +1
If load > 22 lbs: +2
Adjust: If shock or rapid build up of force: add +1

Force/Load Score: 1

Step 6: Score A, Find Row in Table C

Add values from steps 4 & 5 to obtain Score A. Find Row in Table C.

Score A: 3

Table C

Score A (score from table A + load force score)	Score B, (table B value + coupling score)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	4	4	5	6	7	8	9	9	9
3	2	3	3	5	5	6	7	8	9	10	10	10
4	3	4	4	6	6	7	8	9	10	11	11	11
5	4	5	5	7	7	8	9	10	11	12	12	12
6	5	6	6	8	8	9	10	11	12	13	13	13
7	6	7	7	9	9	10	11	12	13	14	14	14
8	7	8	8	10	10	11	12	13	14	15	15	15
9	8	9	9	11	11	12	13	14	15	16	16	16
10	9	10	10	12	12	13	14	15	16	17	17	17
11	10	11	11	13	13	14	15	16	17	18	18	18
12	11	12	12	14	14	15	16	17	18	19	19	19

Step 7: Locate Upper Arm Position:

Step 7a: Adjust...
If shoulder is raised: +1
If upper arm is abducted: +1
If arm is supported or person is leaning: -1

Upper Arm Score: 2

Step 8: Locate Lower Arm Position:

Lower Arm Score: 2

Step 9: Locate Wrist Position:

Step 9a: Adjust...
If wrist is bent from midline or twisted: Add +1

Wrist Score: 1

Step 10: Look-up Posture Score in Table B

Using values from steps 7-9 above, locate score in Table B

Posture Score B: 2

Step 11: Add Coupling Score

Well fitting Handle and mid rang power grip, good: +0
Acceptable but not ideal hand hold or coupling acceptable with another body part, fair: +1
Hand hold not acceptable but possible, poor: +2
No handles, awkward, unsafe with any body part, unacceptable: +3

Coupling Score: 2

Step 12: Score B, Find Column in Table C

Add values from steps 10 & 11 to obtain Score B. Find column in Table C and match with Score A in row from step 6 to obtain Table C Score.

Score B: 4

Step 13: Activity Score

+1 1 or more body parts are held for longer than 1 minute (static)
+1 Repeated small range actions (more than 4x per minute)
+1 Action causes rapid large range changes in postures or unstable base

Activity Score: 1

Table C Score: 3

Final REBA Score: 4

Scoring:

1 = negligible risk
2 or 3 = low risk, change may be needed
4 to 7 = medium risk, further investigation, change soon
8 to 10 = high risk, investigate and implement change
11+ = very high risk, implement change

Figura 16 – Avaliação da rotação do tronco segundo o REBA para a carga de 2 kg com má pega.

REBA Employee Assessment Worksheet

Based on Technical note: Rapid Entire Body Assessment (REBA), Hignett, McAtamney, Applied Ergonomics 31 (2000) 201-205

A. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 1: Locate Neck Position

Step 1a: Adjust...
If neck is twisted: +1
If neck is side bending: +1

Neck Score: 1

Step 2: Locate Trunk Position

Step 2a: Adjust...
If trunk is twisted: +1
If trunk is side bending: +1

Trunk Score: 2

Step 3: Legs

Adjust: 30-60° (+1), 60-90° (+2)

Leg Score: 1

Step 4: Look-up Posture Score in Table A
Using values from steps 1-3 above, locate score in Table A

Posture Score A: 2

Step 5: Add Force/Load Score
If load < 11 lbs: +0
If load 11 to 22 lbs: +1
If load > 22 lbs: +2
Adjust: If shock or rapid build up of force: add +1

Force/Load Score: 2

Step 6: Score A, Find Row in Table C
Add values from steps 4 & 5 to obtain Score A. Find Row in Table C.

Score A: 4

Scoring:
1 = negligible risk
2 or 3 = low risk, change may be needed
4 to 7 = medium risk, further investigation, change soon
8 to 10 = high risk, investigate and implement change
11+ = very high risk, implement change

SCORES

Table A: Neck

	Neck											
	1				2				3			
Legs	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Trunk Posture Score	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
2	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
3	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
5	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4

Table B: Lower Arm

	1						2					
Wrist	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Upper Arm Score	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
2	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
3	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
4	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
5	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6

Table C

Score A (score from table A + load force score)	Score B, (table B value + coupling score)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	7	8	8	8
3	2	3	3	4	5	5	6	7	8	9	9	9
4	3	4	4	5	6	6	7	8	9	10	10	10
5	4	5	5	6	7	7	8	9	10	11	11	11
6	5	6	6	7	8	8	9	10	11	12	12	12
7	6	7	7	8	9	9	10	11	12	13	13	13
8	7	8	8	9	10	10	11	12	13	14	14	14
9	8	9	9	10	11	11	12	13	14	15	15	15
10	9	10	10	11	12	12	13	14	15	16	16	16
11	10	11	11	12	13	13	14	15	16	17	17	17
12	11	12	12	13	14	14	15	16	17	18	18	18

Table C Score: 4

Activity Score: 1

Final REBA Score: 5

B. Arm and Wrist Analysis

Step 7: Locate Upper Arm Position:

Step 7a: Adjust...
If shoulder is raised: +1
If upper arm is abducted: +1
If arm is supported or person is leaning: -1

Upper Arm Score: 2

Step 8: Locate Lower Arm Position:

Lower Arm Score: 2

Step 9: Locate Wrist Position:

Step 9a: Adjust...
If wrist is bent from midline or twisted: Add +1

Wrist Score: 1

Step 10: Look-up Posture Score in Table B
Using values from steps 7-9 above, locate score in Table B

Posture Score B: 2

Step 11: Add Coupling Score
Well fitting Handle and mid rang power grip, good: +0
Acceptable but not ideal hand hold or coupling acceptable with another body part, fair: +1
Hand hold not acceptable but possible, poor: +2
No handles, awkward, unsafe with any body part, unacceptable: +3

Coupling Score: 0

Step 12: Score B, Find Column in Table C
Add values from steps 10 & 11 to obtain Score B. Find column in Table C and match with Score A in row from step 6 to obtain Table C Score.

Score B: 2

Step 13: Activity Score
+1 1 or more body parts are held for longer than 1 minute (static)
+1 Repeated small range actions (more than 4x per minute)
+1 Action causes rapid large range changes in postures or unstable base

Figura 17 – Avaliação da rotação do tronco segundo o REBA para a carga de 7 kg com boa pega.

REBA Employee Assessment Worksheet

Based on Technical note: Rapid Entire Body Assessment (REBA), Hignett, McAtamney, Applied Ergonomics 31 (2000) 201-205

A. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 1: Locate Neck Position

Step 1a: Adjust...
If neck is twisted: +1
If neck is side bending: +1

Neck Score: 1

Step 2: Locate Trunk Position

Step 2a: Adjust...
If trunk is twisted: +1
If trunk is side bending: +1

Trunk Score: 2

Step 3: Legs

Adjust: 30-60° (+1), 60-90° (+2)

Leg Score: 1

Step 4: Look-up Posture Score in Table A
Using values from steps 1-3 above, locate score in Table A

Posture Score A: 2

Step 5: Add Force/Load Score
If load < 11 lbs: +0
If load 11 to 22 lbs: +1
If load > 22 lbs: +2
Adjust: If shock or rapid build up of force: add +1

Force/Load Score: 2

Step 6: Score A, Find Row in Table C
Add values from steps 4 & 5 to obtain Score A. Find Row in Table C.

Score A: 4

Scoring:
1 = negligible risk
2 or 3 = low risk, change may be needed
4 to 7 = medium risk, further investigation, change soon
8 to 10 = high risk, investigate and implement change
11+ = very high risk, implement change

SCORES

Table A: Neck

	1				2				3			
Legs	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Trunk Posture Score	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
	2	2	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
	3	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
	4	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
	5	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

Table B: Lower Arm

	1			2		
Wrist	1	2	3	1	2	3
Upper Arm Score	1	1	2	2	2	3
	2	1	2	3	2	3
	3	3	4	5	5	5
	4	4	5	5	5	6
	5	6	7	8	7	8
	6	7	8	8	8	9

Table C

Score A (score from table A + load force score)	Score B, (table B value + coupling score)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
3	2	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8	8
4	3	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	10	11	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Table C Score: 4

Activity Score: 1

Final REBA Score: 5

B. Arm and Wrist Analysis

Step 7: Locate Upper Arm Position:

Step 7a: Adjust...
If shoulder is raised: +1
If upper arm is abducted: +1
If arm is supported or person is leaning: -1

Upper Arm Score: 2

Step 8: Locate Lower Arm Position:

Lower Arm Score: 2

Step 9: Locate Wrist Position:

Step 9a: Adjust...
If wrist is bent from midline or twisted: Add +1

Wrist Score: 1

Step 10: Look-up Posture Score in Table B
Using values from steps 7-9 above, locate score in Table B

Posture Score B: 2

Step 11: Add Coupling Score
Well fitting Handle and mid rang power grip, good: +0
Acceptable but not ideal hand hold or coupling acceptable with another body part, fair: +1
Hand hold not acceptable but possible, poor: +2
No handles, awkward, unsafe with any body part, Unacceptable: +3

Coupling Score: 2

Step 12: Score B, Find Column in Table C
Add values from steps 10 & 11 to obtain Score B. Find column in Table C and match with Score A in row from step 6 to obtain Table C Score.

Score B: 4

Step 13: Activity Score
+1 1 or more body parts are held for longer than 1 minute (static)
+1 Repeated small range actions (more than 4x per minute)
+1 Action causes rapid large range changes in postures or unstable base

Figura 18 – Avaliação da rotação do tronco segundo o REBA para a carga de 7 kg com má pega.

REBA Employee Assessment Worksheet

Based on Technical note: Rapid Entire Body Assessment (REBA), Hignett, McAtamney, Applied Ergonomics 31 (2000) 201-208

A. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 1: Locate Neck Position

 Step 1a: Adjust...
 If neck is twisted: +1
 If neck is side bending: +1
Neck Score: 1

Step 2: Locate Trunk Position

 Step 2a: Adjust...
 If trunk is twisted: +1
 If trunk is side bending: +1
Trunk Score: 3

Step 3: Legs

 Adjust: 30-60° (+1), 60-90° (+2)
Leg Score: 1

Step 4: Look-up Posture Score in Table A
 Using values from steps 1-3 above, locate score in Table A
Posture Score A: 2

Step 5: Add Force/Load Score
 If load < 11 lbs: +0
 If load 11 to 22 lbs: +1
 If load > 22 lbs: +2
 Adjust: If shock or rapid build up of force: add +1
Force/Load Score: 1

Step 6: Score A, Find Row in Table C
 Add values from steps 4 & 5 to obtain Score A.
 Find Row in Table C.
Score A: 3

Scoring:
 1 = negligible risk
 2 or 3 = low risk, change may be needed
 4 to 7 = medium risk, further investigation, change soon
 8 to 10 = high risk, investigate and implement change
 11+ = very high risk, implement change

SCORES

Table A: Neck

	Neck												
	1				2				3				
Legs	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Trunk Posture Score	1	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
2	2	3	4	5	6	3	4	5	6	4	5	6	7
3	3	4	5	6	7	4	5	6	7	5	6	7	8
4	4	5	6	7	8	5	6	7	8	6	7	8	9
5	5	6	7	8	9	6	7	8	9	7	8	9	10

Table B: Lower Arm

	1						2						
Wrist	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	
Upper Arm Score	1	1	2	2	1	2	3	2	1	2	3	2	3
3	3	3	4	5	4	5	5	4	4	5	5	6	7
4	4	4	5	5	6	7	8	5	5	6	7	8	9
5	5	6	7	8	9	10	11	6	7	8	9	10	11
6	6	7	8	9	10	11	12	7	8	9	10	11	12

Table C

Score A (score from table A + load force score)	Score B, (table B value + coupling score)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	7	7	8	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	8	8	9	9
4	3	4	4	4	5	6	7	8	9	9	10	10
5	4	4	4	5	6	7	8	9	10	10	11	11
6	5	5	5	6	7	8	9	10	11	11	12	12
7	6	6	6	7	8	9	10	11	12	12	13	13
8	7	7	7	8	9	10	11	12	13	13	14	14
9	8	8	8	9	10	11	12	13	14	14	15	15
10	9	9	9	10	11	12	13	14	15	15	16	16
11	10	10	10	11	12	13	14	15	16	16	17	17
12	11	11	11	12	13	14	15	16	17	17	18	18

Step 7: Locate Upper Arm Position:

 Step 7a: Adjust...
 If shoulder is raised: +1
 If upper arm is abducted: +1
 If arm is supported or person is leaning: -1
Upper Arm Score: 5

Step 8: Locate Lower Arm Position:

Lower Arm Score: 2

Step 9: Locate Wrist Position:

 Step 9a: Adjust...
 If wrist is bent from midline or twisted: Add +1
Wrist Score: 1

Step 10: Look-up Posture Score in Table B
 Using values from steps 7-9 above, locate score in Table B
Posture Score B: 7

Step 11: Add Coupling Score
 Well fitting Handle and mid range power grip, good: +0
 Acceptable but not ideal hand hold or coupling acceptable with another body part, fair: +1
 Hand hold not acceptable but possible, poor: +2
 No handles, awkward, unsafe with any body part, Unacceptable: +3
Coupling Score: 0

Step 12: Score B, Find Column in Table C
 Add values from steps 10 & 11 to obtain Score B. Find column in Table C and match with Score A in row from step 6 to obtain Table C Score.
Score B: 7

Step 13: Activity Score
 +1 1 or more body parts are held for longer than 1 minute (static)
 +1 Repeated small range actions (more than 4x per minute)
 +1 Action causes rapid large range changes in postures or unstable base
Activity Score: 1

Final REBA Score: 7

Figura 20 – Avaliação do exercício da “prateleira” segundo o REBA para a carga de 2 kg com boa pega.

REBA Employee Assessment Worksheet

Based on Technical note: Rapid Entire Body Assessment (REBA), Hignett, McAtamney, Applied Ergonomics 31 (2000) 201-205

A. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 1: Locate Neck Position

Step 1a: Adjust...
If neck is twisted: +1
If neck is side bending: +1

1
Neck Score

Step 2: Locate Trunk Position

Step 2a: Adjust...
If trunk is twisted: +1
If trunk is side bending: +1

4
Trunk Score

Step 3: Legs

Adjust: 30-60° (+1), 60-90° (+2)

1
Leg Score

Step 4: Look-up Posture Score in Table A
Using values from steps 1-3 above, locate score in Table A

3
Posture Score A

Step 5: Add Force/Load Score
If load < 11 lbs: +0
If load 11 to 22 lbs: +1
If load > 22 lbs: +2
Adjust: If shock or rapid build up of force: add +1

1
Force/Load Score

Step 6: Score A, Find Row in Table C
Add values from steps 4 & 5 to obtain Score A. Find Row in Table C.

4
Score A

Scoring:
1 = negligible risk
2 or 3 = low risk, change may be needed
4 to 7 = medium risk, further investigation, change soon
8 to 10 = high risk, investigate and implement change
11+ = very high risk, implement change

SCORES

Table A

	Neck												
	1				2				3				
Legs	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Trunk Posture Score	1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
	2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
	3	4	5	6	7	4	5	6	7	5	6	7	8
	4	5	6	7	8	5	6	7	8	6	7	8	9
	5	6	7	8	9	6	7	8	9	7	8	9	9

Table B

	Lower Arm					
	1			2		
Wrist	1	2	3	1	2	3
Upper Arm Score	1	1	2	2	1	2
	2	1	2	3	2	3
	3	3	4	5	4	5
	4	4	5	5	6	7
	5	6	7	8	7	8
	6	7	8	8	9	9

Table C

Score A (score from table A + load force score)	Score B, (table B value + coupling score)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	10	11	11	11	12	12
10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Table B

	Lower Arm					
	1			2		
Wrist	1	2	3	1	2	3
Upper Arm Score	1	1	2	2	1	2
	2	1	2	3	2	3
	3	3	4	5	4	5
	4	4	5	5	6	7
	5	6	7	8	7	8
	6	7	8	8	9	9

Step 7: Locate Upper Arm Position:

Step 7a: Adjust...
If shoulder is raised: +1
If upper arm is abducted: +1
If arm is supported or person is leaning: -1

5
Upper Arm Score

Step 8: Locate Lower Arm Position:

2
Lower Arm Score

Step 9: Locate Wrist Position:

Step 9a: Adjust...
If wrist is bent from midline or twisted: Add +1

1
Wrist Score

Step 10: Look-up Posture Score in Table B
Using values from steps 7-9 above, locate score in Table B

7
Posture Score B

Step 11: Add Coupling Score
Well fitting Handle and mid rang power grip, good: +0
Acceptable but not ideal hand hold or coupling acceptable with another body part, fair: +1
Hand hold not acceptable but possible, poor: +2
No handles, awkward, unsafe with any body part, Unacceptable: +3

2
Coupling Score

Step 12: Score B, Find Column in Table C
Add values from steps 10 & 11 to obtain Score B. Find column in Table C and match with Score A in row from step 6 to obtain Table C Score.

9
Score B

Step 13: Activity Score
+1 1 or more body parts are held for longer than 1 minute (static)
+1 Repeated small range actions (more than 4x per minute)
+1 Action causes rapid large range changes in postures or unstable base

1
Activity Score

8
Table C Score

9
Final REBA Score

Figura 21 – Avaliação do exercício da “prateleira” segundo o REBA para a carga de 2 kg com má pega.

REBA Employee Assessment Worksheet

Based on Technical note: Rapid Entire Body Assessment (REBA), Hignett, McAtamney, Applied Ergonomics 31 (2000) 201-205

A. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 1: Locate Neck Position

Step 1a: Adjust...
If neck is twisted: +1
If neck is side bending: +1

1
Neck Score

Table A: Neck

	Neck												
	1				2				3				
Legs	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Trunk Posture Score	1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
	2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
	3	3	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
	4	4	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
	5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

Step 2: Locate Trunk Position

Step 2a: Adjust...
If trunk is twisted: +1
If trunk is side bending: +1

3
Trunk Score

Table B: Lower Arm

	1						2					
Wrist	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Upper Arm Score	1	1	2	3	2	3	4	4	5	5	6	7
	2	1	2	3	2	3	4	4	5	5	6	7
	3	3	4	5	4	5	6	6	7	8	8	9
	4	4	5	6	5	6	7	7	8	9	9	9
	5	6	7	8	7	8	8	8	9	9	9	9
	6	7	8	9	8	9	9	9	9	9	9	9

Step 3: Legs

Adjust: 30-60° (+1), 60-90° (+2)

1
Leg Score

Table C: Score A, Find Row in Table C

Score A	Score B, (table B value + coupling score)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	7	7	8	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	8	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	9	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	9	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	10	11	11	11	12	12
10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Step 4: Look-up Posture Score in Table A
Using values from steps 1-3 above, locate score in Table A

2
Posture Score A

Step 5: Add Force/Load Score
If load < 11 lbs: +0
If load 11 to 22 lbs: +1
If load > 22 lbs: +2
Adjust: If shock or rapid build up of force: add +1

2
Force/Load Score

Step 6: Score A, Find Row in Table C
Add values from steps 4 & 5 to obtain Score A. Find Row in Table C.

4
Score A

Table C: Score B, Find Column in Table C

Score B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	7	7	8	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	8	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	9	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	9	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	10	11	11	11	12	12
10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

7
Table C Score

1
Activity Score

8
Final REBA Score

B. Arm and Wrist Analysis

Step 7: Locate Upper Arm Position:

Step 7a: Adjust...
If shoulder is raised: +1
If upper arm is abducted: +1
If arm is supported or person is leaning: -1

5
Upper Arm Score

Step 8: Locate Lower Arm Position:

2
Lower Arm Score

Step 9: Locate Wrist Position:

Step 9a: Adjust...
If wrist is bent from midline or twisted: Add +1

1
Wrist Score

Step 10: Look-up Posture Score in Table B
Using values from steps 7-9 above, locate score in Table B

7
Posture Score B

Step 11: Add Coupling Score
Well fitting Handle and mid rang power grip, good: +0
Acceptable but not ideal hand hold or coupling acceptable with another body part, fair: +1
Hand hold not acceptable but possible, poor: +2
No handles, awkward, unsafe with any body part, Unacceptable: +3

0
Coupling Score

Step 12: Score B, Find Column in Table C
Add values from steps 10 & 11 to obtain Score B. Find column in Table C and match with Score A in row from step 6 to obtain Table C Score.

7
Score B

Step 13: Activity Score
+1 1 or more body parts are held for longer than 1 minute (static)
+1 Repeated small range actions (more than 4x per minute)
+1 Action causes rapid large range changes in postures or unstable base

Figura 22 – Avaliação do exercício da “prateleira” segundo o REBA para a carga de 7 kg com boa pega.

REBA Employee Assessment Worksheet

Based on Technical note: Rapid Entire Body Assessment (REBA), Hignett, McAtamney, Applied Ergonomics 31 (2000) 201-208

A. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 1: Locate Neck Position

Step 1a: Adjust...
If neck is twisted: +1
If neck is side bending: +1

1
Neck Score

Step 2: Locate Trunk Position

Step 2a: Adjust...
If trunk is twisted: +1
If trunk is side bending: +1

4
Trunk Score

Step 3: Legs

Adjust: 30-60°: +1. 60-90°: +2

1
Leg Score

Step 4: Look-up Posture Score in Table A
Using values from steps 1-3 above, locate score in Table A

3
Posture Score A

Step 5: Add Force/Load Score
If load < 11 lbs: +0
If load 11 to 22 lbs: +1
If load > 22 lbs: +2
Adjust: If shock or rapid build up of force: add +1

2
Force/Load Score

Step 6: Score A, Find Row in Table C
Add values from steps 4 & 5 to obtain Score A. Find Row in Table C.

5
Score A

Scoring:
1 = negligible risk
2 or 3 = low risk, change may be needed
4 to 7 = medium risk, further investigation, change soon
8 to 10 = high risk, investigate and implement change
11+ = very high risk, implement change

SCORES

Table A

	Neck												
	1				2				3				
Legs	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Trunk Posture Score	1	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
	2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
	3	3	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
	4	4	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
	5	5	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	10

Table B

	Lower Arm						
	1			2			
Wrist	1	2	3	1	2	3	
Upper Arm Score	1	1	2	2	1	2	3
	2	1	2	3	2	3	4
	3	3	4	5	4	5	6
	4	4	5	6	5	6	7
	5	6	7	8	6	7	8
	6	7	8	9	7	8	9

Table C

Score A (score from table A + load force score)	Score B, (table B value + coupling score)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

9 + **1**
Table C Score + Activity Score
10
Final REBA Score

B. Arm and Wrist Analysis

Step 7: Locate Upper Arm Position:

Step 7a: Adjust...
If shoulder is raised: +1
If upper arm is abducted: +1
If arm is supported or person is leaning: -1

5
Upper Arm Score

Step 8: Locate Lower Arm Position:

2
Lower Arm Score

Step 9: Locate Wrist Position:

Step 9a: Adjust...
If wrist is bent from midline or twisted: Add +1

1
Wrist Score

Step 10: Look-up Posture Score in Table B
Using values from steps 7-9 above, locate score in Table B

7
Posture Score B

Step 11: Add Coupling Score
Well fitting Handle and mid range power grip, good: +0
Acceptable but not ideal hand hold or coupling acceptable with another body part, fair: +1
Hand hold not acceptable but possible, poor: +2
No handles, awkward, unsafe with any body part, Unacceptable: +3

2
Coupling Score

Step 12: Score B, Find Column in Table C
Add values from steps 10 & 11 to obtain Score B. Find column in Table C and match with Score A in row from step 6 to obtain Table C Score.

9
Score B

Step 13: Activity Score
+1 1 or more body parts are held for longer than 1 minute (static)
+1 Repeated small range actions (more than 4x per minute)
+1 Action causes rapid large range changes in postures or unstable base

Figura 23 – Avaliação do exercício da “prateleira” segundo o REBA para a carga de 7 kg com má pega.

REBA Employee Assessment Worksheet

Based on Technical note: Rapid Entire Body Assessment (REBA), Hignett, McAtamney, Applied Ergonomics 31 (2000) 201-205

A. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 1: Locate Neck Position

Step 1a: Adjust...
If neck is twisted: +1
If neck is side bending: +1

Neck Score: 1

Step 2: Locate Trunk Position

Step 2a: Adjust...
If trunk is twisted: +1
If trunk is side bending: +1

Trunk Score: 3

Step 3: Legs

Adjust: 30-60° (+1), 60-90° (+2)

Leg Score: 1

Step 4: Look-up Posture Score in Table A
Using values from steps 1-3 above, locate score in Table A

Posture Score A: 2

Step 5: Add Force/Load Score
If load < 11 lbs: +0
If load 11 to 22 lbs: +1
If load > 22 lbs: +2
Adjust: If shock or rapid build up of force: add +1

Force/Load Score: 3

Step 6: Score A, Find Row in Table C
Add values from steps 4 & 5 to obtain Score A. Find Row in Table C.

Score A: 5

Scoring:
1 = negligible risk
2 or 3 = low risk, change may be needed
4 to 7 = medium risk, further investigation, change soon
8 to 10 = high risk, investigate and implement change
11+ = very high risk, implement change

SCORES

Table A: Neck

	1				2				3			
Legs	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Trunk Posture Score	1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5
	2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6
	3	3	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7
	4	4	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8
	5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9

Table B: Lower Arm

	1			2		
Wrist	1	2	3	1	2	3
Upper Arm Score	1	1	2	2	1	2
	2	1	2	3	2	3
	3	3	4	5	4	5
	4	4	5	6	5	6
	5	6	7	8	7	8
	6	7	8	9	8	9

Table C

Score A (score from table A + load force score)	Score B, (table B value + coupling score)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	7	7	8	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	9	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	10	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	10	11	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Table B: Arm and Wrist Analysis

Step 7: Locate Upper Arm Position:

Step 7a: Adjust...
If shoulder is raised: +1
If upper arm is abducted: +1
If arm is supported or person is leaning: -1

Upper Arm Score: 5

Step 8: Locate Lower Arm Position:

Lower Arm Score: 2

Step 9: Locate Wrist Position:

Step 9a: Adjust...
If wrist is bent from midline or twisted: Add +1

Wrist Score: 1

Step 10: Look-up Posture Score in Table B
Using values from steps 7-9 above, locate score in Table B

Posture Score B: 7

Step 11: Add Coupling Score
Well fitting Handle and mid rang power grip, good: +0
Acceptable but not ideal hand hold or coupling acceptable with another body part, fair: +1
Hand hold not acceptable but possible, poor: +2
No handles, awkward, unsafe with any body part, Unacceptable: +3

Coupling Score: 0

Step 12: Score B, Find Column in Table C
Add values from steps 10 & 11 to obtain Score B. Find column in Table C and match with Score A in row from step 6 to obtain Table C Score.

Score B: 7

Step 13: Activity Score
+1 1 or more body parts are held for longer than 1 minute (static)
+1 Repeated small range actions (more than 4x per minute)
+1 Action causes rapid large range changes in postures or unstable base

Activity Score: 1

Table C Score: 8

Final REBA Score: 9

Figura 24 – Avaliação do exercício da “prateleira” segundo o REBA para a carga de 12 kg com boa pega.

IV. CONDIÇÕES INDIVIDUAIS E MUSCULARES

Rotação do tronco sem extensão de braços

Considerou-se um indivíduo com 160 centímetros de altura com um peso de 60 kg em trabalho estático.

Tabela 12 – Dados estáticos no corpo humano do indivíduo considerado.

Fonte: (Completo & Fonseca, 2011)

	Massa (kg)	Comprimento (cm)
Braço	1,68	29,76
Antebraço	0,96	23,36
Mão	0,36	17,28

O esquema seguinte (figura 25) representa o trabalho estático realizado por um membro superior, sendo que o ângulo feito entre eles é de 90° logo o momento no cotovelo é nulo ($M=0$).

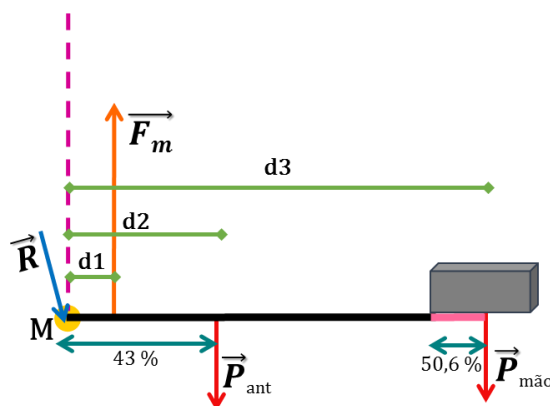


Figura 25 – Esquema ilustrativo da relação da força muscular no cotovelo com a massa da carga suportada pelo punho em trabalho estático.

(Tracejado roxo – Braço; Linha preta – Antebraço; Linha rosa – Mão)

$$d_1 = 4 \text{ cm} \quad d_2 = 43\% \times C_{ant} \quad d_3 = C_{ant} + (50,6\% \times C_{mão})$$

Equação 7 – Distância dos segmentos corporais em relação ao comprimento segmentar dos centros de massa.

$$M = (\overrightarrow{F_m} \times d_1) - (m_{ant} \times d_2 \times \vec{a}_g) - ((m_{carga} + m_{mão}) \times d_3 \times \vec{a}_g)$$

Equação 8 – Cálculo da massa da carga no sistema do membro superior em função da força muscular admitida.

